

FUNKTIONELLE DIAGNOSTIK DER CRANIOMANDIBULÄREN DYSFUNKTION AUS MANUALMEDIZINISCHER SICHT

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
doctor medicinae dentariae
(Dr. med. dent.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Reinhard Bocker
geboren am 28.05.1984 in Jena

Gutachter:

1. Prof. Dr. med. Ulrich C. Smolenski, Jena
2. Prof. Dr. med. dent. Stefan Kopp, Frankfurt am Main
3. PD. Dr. med. dent. habil. Wilfried Reinhardt, Jena

Tag der öffentlichen Verteidigung: 31. 05. 2011

GLIEDERUNG

	Seite
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	5
ZUSAMMENFASSUNG	7
<u>1 EINLEITUNG</u>	10
<u>2 GRUNDLAGEN</u>	15
2.1 Anatomie des Kiefergelenks	15
2.2 Funktionsweise des Kiefergelenks	20
<u>3 FRAGESTELLUNGEN</u>	24
3.1 Kann man Kaufunktionsstörungen klinisch standardisiert erfassen?	24
3.2 Welche typischen klinischen und apparativen Befunde bezüglich der Kaufunktion finden sich bei Probanden?	24
3.3 Sind Normwerte für regionale Oberflächen-EMG- Ableitungen bei klinisch Gesunden ermittelbar?	24
3.4 Wie bilden die verwendeten Outcomes den allgemeinen und den spezifischen Gesundheitszustand der untersuchten Probanden ab?	25
3.5 Welche Korrelationen bestehen zwischen klinischen und apparativen Bewertungsparametern?	25
3.6 Ist ein standardisierter Funktionsbogen in der Diagnostik von möglichen Kaufunktionsstörungen notwendig und praktikabel?	26
<u>4 PROBANDEN UND METHODEN</u>	27
4.1 Probanden	27
4.2 Patienten	27
4.3 Studiendesign	28
4.4 Versuchsaufbau und -durchführung	28

4.4.1	<i>Klinische Untersuchung</i>	29
4.4.1.1	<i>Allgemeine Statik</i>	29
4.4.1.2	<i>Bewegungsfunktionsstörungen der Wirbelsäule</i>	30
4.4.1.3	<i>Fasciales Screening (ten-step-test)</i>	30
4.4.1.4	<i>Visuelle Analogskala (VAS)</i>	32
4.4.1.5	<i>Funktion des Kiefergelenks</i>	32
4.4.1.6	<i>Dynamik des Kiefergelenks</i>	33
4.4.1.7	<i>Angrenzende Muskulatur</i>	34
4.4.1.8	<i>Pathologisch neurologische Befunde</i>	34
4.4.2	<i>Apparative Untersuchungen</i>	35
4.4.2.1	<i>3D- Bewegungsfunktionsanalyse (Zebris)</i>	35
4.4.2.2	<i>Oberflächenelektromyographische Untersuchung (SinfoMed)</i>	39
4.4.3	<i>Outcomes</i>	42
4.4.3.1	<i>SF-36</i>	42
4.4.3.2	<i>Helkimo</i>	44
4.4.3.3	<i>RDC/TMD</i>	45
4.5	Statistik	46
5	<u>ERGEBNISSE</u>	48
5.1	Klinische Untersuchung	48
5.1.1	<i>Allgemeine Statik</i>	48
5.1.2	<i>Bewegungsfunktionsstörungen der Wirbelsäule</i>	49
5.1.3	<i>Fasciales Screening (ten-step-test)</i>	51
5.1.4	<i>Visuelle Analogskala (VAS)</i>	51
5.1.5	<i>Funktion des Kiefergelenks</i>	52
5.1.6	<i>Dynamik des Kiefergelenks</i>	53
5.1.7	<i>Angrenzende Muskulatur</i>	53
5.1.8	<i>Pathologisch neurologische Befunde</i>	54
5.2	Zebris	54
5.2.1	<i>„WinJaw“</i>	54
5.2.2	<i>„WinSpine“</i>	56

5.3	SinfoMed	58
5.3.1	<i>Ergebnisse der SinfoMed-Untersuchungen</i>	58
5.3.2	<i>Intrasessionreliabilität der SinfoMed-Messungen</i>	68
5.4	Outcomes	70
5.4.1	<i>SF-36</i>	70
5.4.2	<i>Helkimo und TMD</i>	71
5.5	Korrelationen	72
5.5.1	<i>Korrelationen zwischen klinischer Funktionsanalyse und Zebris</i>	72
5.5.2	<i>Korrelationen zwischen klinischer Funktionsanalyse und den Outcomes</i>	73
5.5.3	<i>Korrelationen zwischen Zebris und den Outcomes</i>	73
5.5.4	<i>Korrelationen zwischen Zebris-Messungen der HWS und des Kiefergelenks (Mundöffnung)</i>	74
5.6	Klinische Untersuchung an Patienten	75
5.6.1	<i>Allgemeine Statik</i>	75
5.6.2	<i>Bewegungsfunktionsstörungen der Wirbelsäule</i>	76
5.6.3	<i>Fasciales Screening (ten-step-test)</i>	77
5.6.4	<i>Funktion des Kiefergelenks</i>	78
5.6.5	<i>Dynamik des Kiefergelenks</i>	79
5.6.6	<i>Angrenzende Muskulatur</i>	79
<u>6</u>	<u>DISKUSSION</u>	81
6.1	Erarbeitung des Funktionsbogens und Diskussion der klinischen Untersuchung	81
6.2	Diskussion der apparativen Untersuchungen (Zebris)	90
6.3	Relevanz der EMG-Messungen mit SinfoMed	91
6.4	Outcomes	93
6.5	Korrelationen	94
6.6	Anwendungserprobung des erarbeiteten Funktions-Bogens	95
<u>7</u>	<u>SCHLUSSFOLGERUNGEN</u>	96

8	<u>LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS</u>	98
9	<u>ANHANG</u>	109
9.1	Eidesstattliche Erklärung	109
9.2	Publikationen	110
9.3	Danksagung	111

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

3D	dreidimensional
A.	Arteria
Abb.	Abbildung
Art.	Articulatio
Artt.	Articulares
BWS	Brustwirbelsäule
CMD	Craniomandibuläre Dysfunktion
CMS	Craniomandibuläres System
Diagr.	Diagramm
DGZMK	Deutsche Gemeinschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
EMG	Elektromyographie
FBA	Finger-Boden-Abstand
FE	Funktionseinschränkung
Fkt.	Funktion
GKV	Gesetzliche Krankenversicherung
HWS	Halswirbelsäule
ICC	Intraclass-Correlations-Coeffizient
ICF	International Classification of Funktioning
ISG	Iliosacralgelenk
lat.	lateralis
li.	links
LWS	Lendenwirbelsäule
M	Median
M.	Musculus
M. mas	Musculus masseter
M. scm	Musculus sternocleidomostoideus
M. tpa	Musculus temporalis anterior
M. ts	Musculus trapezius descendens
max.	maximal
med.	medialis
Mm.	Musculi
MW	Mittelwert
N.	Nervus

ogS	oberes gekreuztes Syndrom
re.	rechts
ROM	range of motion
S _D	Standardabweichung (standard deviation)
SKD	Schneidekantendistanz
Tab.	Tabelle
ugS	unteres gekreuztes Syndrom
VAS	Visuelle Analogskala
ZNS	Zentrales Nervensystem

In der Arbeit wurde auf Kennzeichnung von geschützten Marken und Warenzeichen verzichtet. Die Benutzung von Markennamen geschieht unter Wahrung der Rechte der Urheber und Markeninhaber.

ZUSAMMENFASSUNG

Zusammenhänge zwischen Funktionsstörungen des Kausystems und anderen Organen, speziell der Halswirbelsäule, werden in der Literatur schon seit Längerem beschrieben und durch eine derartig große Anzahl von Studien belegt, dass es verwundert, dass sich diese Kenntnisse kaum in die tägliche Behandlungspraxis durchgesetzt haben.

Um der multifaktoriellen Ätiologie der craniomandibulären Dysfunktion gerecht zu werden, muss auch eine multifaktorielle Diagnostik mit ganzheitlicher Betrachtung erfolgen, die vom Allgemeinen zum Speziellen strukturiert ist.

Somit war es zum einen das Ziel der Arbeit, einen Funktionsbogen zu erstellen, der es dem manualmedizinisch ausgebildeten Arzt ermöglicht, in immer unveränderter Reihenfolge Aufschluss über den Gesundheitszustand des Bewegungssystems und speziell über die Funktion und Dynamik des Kiefergelenks inklusive der betreffenden Muskulatur zu gewinnen, und zum anderen, die Aussagekraft von instrumentellen und bildgebenden Verfahren gründlich zu analysieren und der klinischen Untersuchung gegenüberzustellen.

Solch eine effiziente Diagnostik zur Erfassung von craniomandibulären Dysfunktionen ist sowohl individuell für den Patienten als auch für die Erarbeitung von Therapiestandards sowie für die Wirtschaftlichkeit von großer Bedeutung.

Aus diesen Gründen wurde, basierend auf ausgiebiger Literaturrecherche, ein Untersuchungsstandard für eine klinische Diagnostik erarbeitet, der in einer Querschnittstudie an 20 klinisch gesunden Versuchspersonen (MW 22,1 Jahre/ 7 weiblich, 13 männlich) erprobt und anschließend hinsichtlich seiner Praktikabilität und der Notwendigkeit der einzelnen Untersuchungen an 20 Patienten mit Beschwerden in der Kiefergelenkregion (MW 35,4 Jahre/ 14 weiblich, 6 männlich) angewendet wurde.

Die Ergebnisse der klinischen Diagnostik wurden mit einer apparativen 3D-Bewegungsmessung (Ultraschalltopometrie) von Kiefergelenk und Halswirbelsäule sowie der EMG-Aktivität ausgewählter Muskeln (M. temporalis, M. masseter, M. sternocleidomastoideus, M. trapezius) verglichen und auf

Korrelationen untereinander überprüft.

Die klinische Befundung der Probanden ergab keine bedeutsamen Funktionsstörungen, das bestätigen auch die Ergebnisse der apparativen Untersuchung.

Bei den Patienten hingegen wurden Funktionsstörungen über die Kiefergelenkfunktion hinaus in allen Wirbelsäulenregionen und dem ISG sowie der untersuchten Muskulatur diagnostiziert, was die Notwendigkeit der auf dem vorliegenden Funktionsbogen aufgeführten Untersuchungen begründet und festigt.

In der Gegenüberstellung der klinischen und apparativen Messwerte konnte festgestellt werden, dass diese untereinander sehr gut korrelieren. Da die Anschaffungskosten und der Zeitaufwand der apparativen Messverfahren jedoch im Vergleich zur klinischen Untersuchung in keinem Verhältnis stehen, sind sowohl die Ultraschalltopometrie mit Zebris® als auch die Oberflächen-EMG-Ableitungen mit SinfoMed® vorwiegend für eine weiterführende Diagnostik und für wissenschaftliche Zwecke hilfreich, weil sie eine Fülle an Zusatzinformationen bieten. Zur Beurteilung von Funktionsbewegungen ist Zebris® z.B. unerlässlich, denn neben der Abbildung von Incisal- und Condylenbahnen können auch Ausweichbewegungen dynamisch erfasst werden. Ähnliches gilt für das Oberflächen-EMG mittels SinfoMed®. Es eignet sich zur Visualisierung und Kennzeichnung muskulärer Aktivierungsmuster im Seitenvergleich und kann folglich auch veränderte Aktivierungsmuster bei Funktionsstörungen im orofacialen System anzeigen. Jedoch ist die Interpretation der mit SinfoMed® erhobenen Daten teilweise schwierig.

Das Oberflächen-EMG weist eine hervorragende Intrasessionreliabilität auf (0,93 bis 1,0). Geeignet erscheinen EMG-Messungen zur Therapieverlaufskontrolle, z.B. bei Schienenversorgung sowie Physiotherapie, um den gewünschten Effekt auf die betroffene Muskulatur adäquat sicherzustellen, nicht so sehr jedoch zur Angabe von Normwerten.

Die Outcomes sind unerlässlich für die Wahrnehmung des Patienten und die Einordnung der angegebenen Beschwerden in den diagnostischen Gesamtkomplex, wobei die krankheitsspezifischen Fragebögen eine höhere Aussagekraft für das regionale Krankheitsgeschehen haben.

1 **EINLEITUNG**

In der Literatur häufen sich die Anzeichen für eine Wechselbeziehung von Funktionsstörungen im craniomandibulären System und Schmerzen mit Funktionsstörungen im Bewegungssystem.

Damit wird die Annahme verstärkt, dass chronische Beschwerden wie Schmerzen im Ohr-, Frontal- und Temporalbereich des Kopfes sowie Migräne und manchmal auch Nacken- und Schulterbeschwerden auf ein Nicht- oder Schlecht-Funktionieren der Organstrukturen des Kausystems hinweisen und dass sich deshalb die Therapie nicht in erster Linie auf die Dentition der Patienten richten sollte.

Die Vermutungen bestätigten sich und führten folgerichtig zu der Einsicht, dass craniomandibuläre Dysfunktionen interdisziplinäre Behandlungen erfordern.

Bereits 1934 veröffentlicht COSTEN Betrachtungen zu Beschwerdeerscheinungen seiner untersuchten Patienten, die Funktionsstörungen des Kiefergelenks zugeordnet werden können. Er beschreibt Schmerzen im Bereich des Ohres, Kopfschmerzen, Knackgeräusche beim Kauen, Taubheitsgefühl, Unwohlsein sowie Schwindel und sah schon damals die Ursache dafür in schlecht sitzendem Zahnersatz, einem bestehenden Überbiss oder im Fehlen des Molaren und in Dysfunktionen in der Malokklusion.

Um die Mitbeteiligung der Kiefergelenke und der zugehörigen Muskulatur standardisiert zu erfassen, führt SCHWARTZ (1956) die Costen-Syndrome fort und schafft den Begriff des „temporomandibular joint pain dysfunction syndrome“. Dabei legt er großen Wert auf die Beachtung der psychischen Verfassung des Patienten.

In der weiteren Entwicklung der Definition bzw. Diagnose für craniomandibuläre Dysfunktionen formuliert LASKIN (1969) den Begriff „myofacial pain dysfunction syndrome“ (MPDS; Friedman & Weisberg 1985). Zu dieser Befunderhebung gehört eines der folgenden Symptome oder ihre Kombination: einseitige Beschwerden, Fehlen radiologischer Veränderungen, schmerzlose Palpation des Kiefergelenks an seiner Rückseite, Kaumuskel-schmerzen, Knacken und eingeschränkte Mundöffnung. Jedoch können

diese Indizien auch zu Fehldiagnosen führen, sodass man derzeit von funktionellen Kiefergelenkstörungen spricht, wenn die von DE BOEVER & STEENKS (1991) bzw. BLANK (1998) erörterten Symptome einzeln oder in Kombination zu diagnostizieren sind:

- Knack- und/oder Knirschgeräusche im Kiefergelenk,
- Bewegungseinschränkungen und/oder Bewegungsabweichungen des Unterkiefers,
- Schmerzen in der Gegend des Kiefergelenks, der Kaumuskeln und der Zähne,
- Schwäche oder Verkürzung der Kaumuskulatur.

Neben den oben aufgezählten Kennzeichen können dazu Begleiterscheinungen wie Schwindelgefühl, Ohrensausen oder Steifheits- und/oder Ermüdungsgefühl in den Kaumuskeln auftreten. Außerdem müssen Krankheiten mit ähnlichen Charakteristika differentialdiagnostisch bedacht werden.

KOPP et al. (2004) schließen die Wirbelsäule mit in ihre Betrachtungen ein und äußern, dass es ohne eine stabile Wirbelsäule keine stabile Okklusion gibt und ohne stabile Okklusion keine funktionsgesunde Wirbelsäule. Sie deuten somit darauf hin, dass ein Zusammenhang zwischen dem craniomandibulären und dem craniocervicalen System besteht und orthopädische Faktoren bei einer CMD involviert sind.

Des Weiteren häufen sich Studien, die einen Zusammenhang zwischen der Funktionsstörung im craniomandibulären System und zumindest in der Funktion der HWS belegen. Das ist mit einem Blick auf die Anatomie in diesem Bereich auch nicht verwunderlich. Sehr anschaulich zeigt NEUHUBER (2007) das komplexe Zusammenwirken von Schädel, Unterkiefer und Hals- und Brustwirbelsäule (Abb. 1).

FISCHER et al. (2008) beschreiben und bestätigen diese Korrelation von einseitigen Beschwerden am Bewegungsapparat mit vermehrten pathologischen Funktionsbefunden im ipsilateralen Kiefer-Kau-System. Sie betonen sogar eine statistisch signifikante Wechselbeziehung zwischen der

Höhe der Schmerzintensität und dem Grad der Dysfunktion im cranio-mandibulären System.

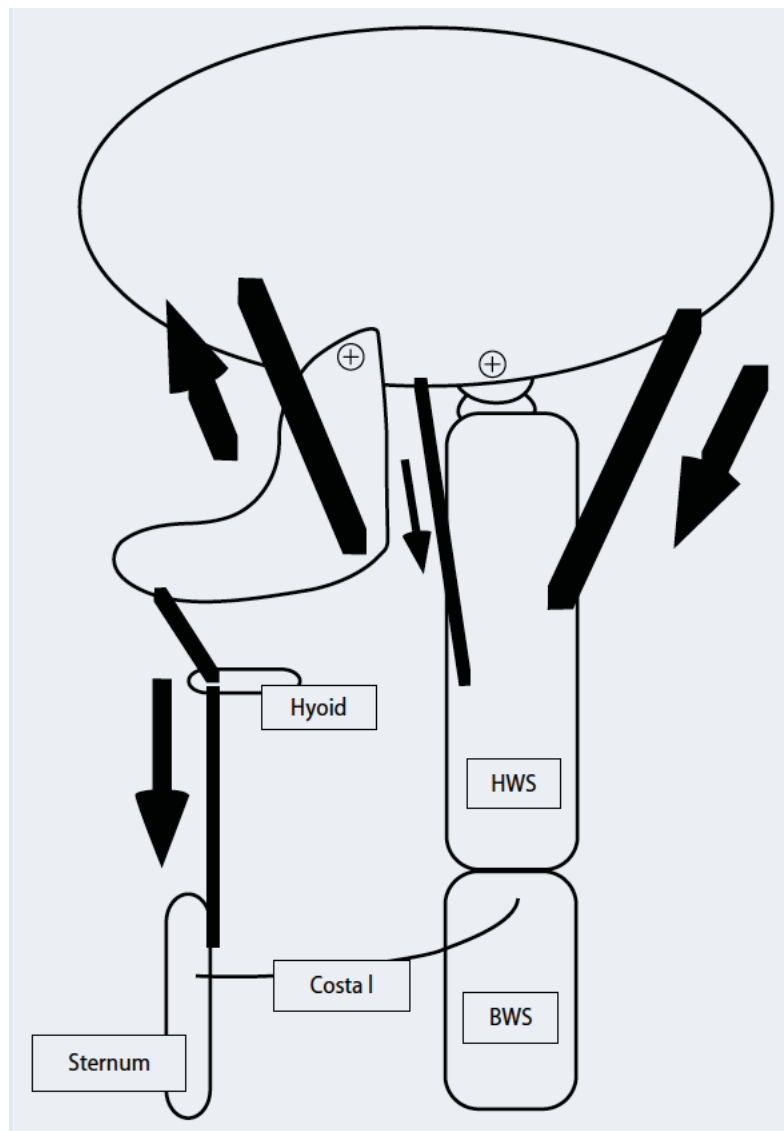


Abb. 1: Schema des Zusammenspiels von Nacken-, Kau- und Zungenbeinmuskeln (Neuhuber 2007)

In den letzten Jahren hat sich die CMD-Diagnostik in den Praxen und Kliniken etabliert, darum es ist wichtig, in diesem Zusammenhang auch auf die Rechtssituation hinzuweisen.

Zahnärzte sind in bestimmten Fällen prothetischer und kieferorthopädischer Behandlungen verpflichtet, funktionsanalytische Maßnahmen vorzuschalten. Die Erfassung der Eu- bzw. Pathofunktion der Kiefergelenke hat deshalb einen so hohen Stellenwert, da sich jede kieferorthopädische Therapie über Okklusionsveränderungen oder durch Beeinflussung des maxillomandi-

bulären Wachstums auf die artikulären Hart- und Weichgewebe auswirkt. Funktionsanalysen waren jedoch lange nicht im GKV-Leistungskatalog zu finden und mussten von den Patienten selbst getragen werden bzw. wurden oft aus monetären Gründen verweigert (Leder 2005). Die Pressemitteilung der DGZMK vom 11. November 2004 ist daher von großem Interesse: „... So hat die DGZMK im dritten Quartal 2003 die Indikationen für die Erhebung einer Funktionsanalyse neu definiert. Sie muss demnach bereits bei `Verdacht auf das Vorliegen funktionell bedingter Zahn-, Kiefergelenk- und Muskelerkrankungen` vor einer Behandlung durchgeführt werden.“

Es gibt Gerichtsurteile, denen eindeutig zu entnehmen ist, dass ein fehlender Funktionsstatus vor prothetischer Behandlung entgegen den Regeln der zahnärztlichen Heilkunst ein grober Behandlungsfehler ist (AZ: OLG Schleswig-Holstein 4U 145/91 vom 13.10.1993). Ein weiteres Urteil geht von der Verpflichtung des Zahnarztes aus, auf die Notwendigkeit einer Funktionsanalyse hinzuweisen, selbst wenn die Krankenkasse die Kosten hierfür nicht übernimmt. Sofern sich der Patient für eine reine Kassenleistung entscheidet, muss der Behandler die Versorgung ablehnen (LG Braunschweig AZ: 2S 916/00 vom 02.05.2001).

Die DGZMK hat die Anforderung festgelegt, eine Funktionsanalyse zur kieferorthopädischen Behandlungsplanung durchzuführen, „da erste, zum Teil diskrete Symptome bereits bei Kindern und Jugendlichen vorliegen können und daher auch im Rahmen einer kieferorthopädischen Behandlung Berücksichtigung finden müssen“ (DGZMK 2004).

Bereits bei 25 - 40 Prozent der 6- bis 18-jährigen Patienten mit Zahn- und Kieferfehlstellungen sind verdeckt latente Entzündungszeichen im Bereich der Kiefergelenke zu erkennen. Erst wenn diese versteckten Prozesse ihre vollen Auswirkungen zeigen, bemerkt der Patient sie als Schmerz in einer oder mehreren Regionen des Kausystems (Leder 2005).

Die Diagnostik des Temporomandibulargelenks muss auf fundierten Kenntnissen der Anatomie und Physiologie dieses Gelenks sowie auf dezidierten klinischen Fragestellungen beruhen. Die klinische Diagnostik

beinhaltet einen umfassenden intra- und extraoralen Befund mit ganzheitlicher Betrachtung. Klinische Befunde wie Haltungsfehler, habituelle Schluck-, Sprech- und Atemstörungen zeigen Dysfunktionen des stomatognathen Systems. Funktionsstörungen des Kiefergelenks müssen durch die Integration und Koordination von klinischen, instrumentellen und bildgebenden Verfahren gründlich analysiert werden.

Eine effiziente Diagnostik zur Erfassung von craniomandibulären Dysfunktionen als multifaktorielles Geschehen ist somit sowohl individuell für den Patienten als auch für die Erarbeitung von Therapiestandards sowie wirtschaftlich von großer Bedeutung.

2 GRUNDLAGEN

2.1 Anatomie des Kiefergelenks

Die Artt. temporomandibulares entstehen zwischen der 7. und 20. Embryonalwoche und gehören zu den sekundären Diarthrosen. Das Caput mandibulae des Processus condylaris der Mandibula artikuliert mit der Facies articularis fossae mandibularis des Os temporale.

Ein Discus articularis befindet sich zwischen Condylus und Fossa und unterteilt das Kiefergelenk in eine discotemporale (obere) und disco-mandibuläre (untere) Kammer. Er ist eine bikonkave Struktur aus Faserknorpel, der über Fasern im medialen und lateralen Anteil am Condylus und an der Capsula articularis befestigt ist und während der habituellen Okklusion einen mit Synovialis gefüllten Flüssigkeitsraum sowohl in der oberen als auch in der unteren Kammer der Art. temporomandibularis zulässt.

Wegen seines dreidimensional angeordneten Faserverlaufs in anterior-posteriorer, mediolateraler und cranioventraler Richtung kann er hohe Kräfte aufnehmen und verfügt dadurch über eine Pufferfunktion.

Da der Discus articularis keine Gefäße, Rezeptoren und Nervenendigungen enthält, muss er sich ausschließlich aus umliegendem Gewebe, Synovialflüssigkeit und der bilaminären Zone ernähren. Letztere ist das posteriore Befestigungsband des Discus mit der Schädelbasis und dem Condylus und teilt sich in zwei anatomisch und funktionell unterschiedliche Strukturen. Der obere Anteil ist mit elastischem Bindegewebe ausgestattet, dessen Faserverlauf horizontal ausgerichtet ist und den Discus an seiner Vorwärtsbewegung hindert, damit er im Bewegungsablauf hinter dem Condylus zurückbleibt. Bei Rückwärtsbewegungen ziehen diese Fasern den Knorpel in die Fossa mandibularis in seine Ausgangsstellung zurück.

Der untere Anteil hingegen besteht aus lockerem Bindegewebe mit vertikalem Faserverlauf, sodass er bei Vorwärtsbewegungen nicht unter Spannung gesetzt, sondern entlastet und entfaltet wird und sich mit Gewebsflüssigkeit füllen kann. Erst bei maximaler Kieferöffnung spannen sich auch diese Fasern und begrenzen so die Mundöffnung. Bei der Rückwärtsbewegung wird die zuvor aufgesogene Gewebsflüssigkeit durch

den Druck des Condylus entleert, was somit zu einer Dämpfung der Bewegung führt.

Die bilaminäre Zone erhält ihren Blutzufuss über die Genua venosa, welche darüber hinaus auch den Discus articularis versorgen. Außerdem befinden sich dort Golgi-Rezeptoren und Nozizeptoren.

Die das Kiefergelenk umschließende bindegewebige Gelenkkapsel ist an der Schädelbasis, am Collum mandibulae und am Discus articularis verwachsen und wird lateral vom Ligamentum laterale verstärkt. Sie wird von der A. auricularis profunda versorgt und von den Ästen N. auriculotemporalis, N. temporalis profundus und N. massetericus des N. mandibularis innerviert. Golgi-Rezeptoren geben Auskunft über die Spannung an das ZNS und beeinflussen so die Muskelfunktion, Nozizeptoren melden Überlastungen des Gewebes und tragen über das Schmerzempfinden zu einer Bewusstmachung und damit zur reflektorischen Ruhigstellung der Muskulatur bei, was als *Muscle splinting* bezeichnet wird (Lange et al. 2010).

Zur Kaumuskulatur gehören die Mm. temporalis, Mm. masseter, Mm. pterygoideus medialis sowie Mm. pterygoideus lateralis. M. masseter und M. pterygoideus medialis bilden als eine Schlinge um den Mandibulaast eine funktionelle Einheit, die das kraftvolle Zu- und Abbeißen ermöglicht. Die anterioren – vertikal verlaufenden – Fasern des M. temporalis unterstützen die oben genannte funktionelle Einheit, wobei die medialen und posterioren Anteile neben dem Mundschluss auch eine Retrusion bewirken und so den Unterkiefer in seine Ursprungslage zurückführen.

Alle Muskeln der Kaumuskulatur werden vom III. Trigeminusast, dem N. mandibularis, innerviert und dienen der dreidimensionalen Beweglichkeit des Unterkiefers.

Dabei unterscheidet man zwischen **Elevatoren** (Mm. masseteres, Mm. temporales, Mm. pterygoidei medialis), **Depressoren** (Mm. pterygoidei lateralis und supra-/infrahyoidale Muskeln), **Protraktoren** (Mm. pterygoidei, Mm. masseteres superficialis) und **Retraktoren** (Mm. temporales posterior). Für die **Laterotrusion** werden die Protraktoren der Gegenseite (Mediotrusionsseite) und die Retraktoren der ipsilateralen Seite (Laterotrusionsseite) benutzt, wohl wissend, dass die Muskeln in der Funktion jeweils

konzentrisch und exzentrisch arbeiten und sowohl Kräfte entfalten als auch sensomotorische Aufgaben haben (Tab.1).

	LOKALE STABILISATION	GLOBALE STABILISATION	GLOBALE MOBILISATION
Muskeln	M. pterygoideus lat. pars superior	M. masseter M. pterygoideus medialis	supra- und infrahyoidale Muskulatur
Kontraktionsform	isometrisch	konzentrisch/exzentrisch	konzentrisch
Funktion	Kontrolle der Gelenkposition	Kontrolle des Bewegungsumfangs	Kontrolle des Bewegungsumfangs
Funktionsverlust	Kontrollverlust Schmerz lokale Inhibition	Kontrollverlust Verspannung/Verkürzung globale Dysbalance	myofaziale Verkürzung Überaktivität globale Dysbalance

Tab. 1: Funktionen und Kontraktionsformen der Kaumuskeln

Eine wichtige Besonderheit der Kaumuskulatur ist die kurze Faserlänge, wodurch die Muskeln zu einer intensiveren, lang anhaltenden kinetischen Arbeit befähigt sind. Außerdem ist ein weit höherer Anteil von Muskelspindeln zu verzeichnen, die schneller auf Reaktionen aus der γ -Motorik reagieren, indem ihre Empfindlichkeit angehoben wird. Die daraus resultierende enge Verknüpfung der Kaumuskulatur mit dem limbischen System ist für den stark ansteigenden Tonus der Kaumuskulatur in Stress- oder Gefahrensituationen verantwortlich. Dysfunktionelle Reaktionen an diesen Muskelgruppen sind damit vorprogrammiert.

Neben der Kaumuskulatur ist eine Vielzahl weiterer Muskeln für die Gewährleistung der Kaufunktion obligat. Diese Hilfsmuskeln sind zum einen die mimischen Muskeln und zum anderen Muskeln der Kopf- Hals-Stabilisierung (Mm. obliquus superior et inferior, Mm. sternocleidomastoidei, Mm. rectus capitis posteriores minor et major, Mm. scaleni) sowie die supra- und infrahyoidale Muskulatur. Sie ermöglichen die Bewegung des Unterkiefers durch Stabilisierung des Kopfes.

NEUHUBER (2007) betont, „dass ein Vorneigen des Kopfes bei tonisierter Kaumuskulatur sehr effizient durch die supra- und infrahyoidale Muskulatur erreicht werden kann. Soll die Zungenbeinmuskulatur andererseits zum Kieferöffnen die Mandibula senken, muss die Nackenmuskulatur dagegenhalten und die Unterkiefer-Adduktoren müssen erschlaffen. Soll der Kiefer weit geöffnet werden, müssen zusätzlich die Nackenmuskeln den Kopf

reklinieren.“ Funktionelle Einschränkungen dieser Muskeln führen unweigerlich zu Dysfunktionen im Kausystem.

Der heutige Stand der neuroanatomischen Forschung drängt uns eine sehr plausible Hypothese der craniomandibulären Dysfunktion und speziell der oberen Halswirbelsäule auf: die cerviko-trigeminale Konvergenz.

Die Trigeminafferenzen laufen außer zu den mesencephalen auch zu den spinalen Kernen, die sich in der Medulla oblongata nach kaudal bis in die Ebene von C2 erstrecken. Auf Höhe von C2 kommt es in den dorsalen Abschnitten regelrecht zu einer Verzahnung der Trigeminafferenzen mit den cutanen Afferenzen der Cervikalregion C2/C3 und den somatischen Afferenzen von C1 bis C3, die sowohl die Spindelafferenzen der Kopfgelenkmuskulatur als auch die Dura cranialis der hinteren Schädelgrube betreffen. Bereits auf der Ebene des zweiten Neurons erfolgt also eine vollständige Verschaltung der primären Afferenzen aus dem Trigeminausgebiet mit den cutanen und den tiefen somatischen cervikalen Afferenzen, was sich erheblich auf die motorischen Efferenzen aus dem motorischen Trigeminausgang wie aus dem motorischen Vorderhorn besonders von C1 bis C3 auswirkt. Neuroanatomische Verbindungen der tiefen somatischen Afferenzen der oberen Halswirbelsäule zu den spinalen Trigeminauskernen und von dort zum motorischen Trigeminausgang sind nachgewiesen (Neuhuber 2005a).

Dies bedeutet in der Praxis, dass Störungen in den Afferenzen aus dem craniomandibulären System nicht nur zu einem fortgeleiteten Schmerz (*referred pain*) im Sinne eines nicht klar zu lokalisierenden Kopfschmerzes sowie zu einem Schmerz in der Nackenhaut im Bereich des M. trapezius führen, sondern auch ganz wesentliche Auswirkungen auf die Motorik der Kopfgelenke haben werden, zusätzlich wohl auch Irritationen über die Vestibulariskerne im Sinne von Gleichgewichtsstörungen verursachen können (Schupp 2001).

Einen nicht minder wichtigen Stellenwert nimmt die Kontaktbeziehung der Zähne aus Ober- und Unterkiefer zueinander ein, die als **Oklusion** bezeichnet wird.

Dabei unterscheidet man zwischen statischer und dynamischer Okklusion. Die **statische Okklusion** definiert Zahnkontakte in der Interkuspidation ohne Bewegungen des Unterkiefers und lässt sich in gewohnheitsmäßig eingenommene Okklusion (**habituelle Okklusion**) und **maximale Interkuspidation** einteilen, wobei sich die Letztere durch einen maximalen Vielpunktkontakt der Zähne von der habituellen Okklusion unterscheidet.

Bei der **dynamischen Okklusion** werden die Zahnkontakte betrachtet, die infolge einer Bewegung des Unterkiefers entstehen, beispielsweise bei einer Protrusion der Mandibula.

Interkuspidation und Okklusion sind als Synonym zu verwenden; es wurde Einigkeit erzielt, bei der Überprüfung der Höcker-Fossa-Relation von Okklusion zu sprechen.

Bezieht man neben den Zahnkontakten die Position der Condylen zur Fossa articularis mit in die Beobachtungen ein, sind weitere Unterteilungen möglich, so zum Beispiel die zentrische Okklusion, die als statische Okklusion mit zentrischer Condylenposition definiert ist. In der zentrischen Condylenposition befindet sich die Pars intermedia des Discus zwischen der ventrokranialen Kontur des Condylus und der Protuberantia articularis. Die beiden Condylen sind ventrocranial, in nicht seitenverschobener Position gelagert und die gesamte Muskulatur bleibt entspannt.

In vielen Fällen stimmt diese zentrierte Stellung jedoch nicht mit der Condylenposition in der Schlussbissstellung überein – es kommt zu einem physiologischen Gleiten, das zwischen 0,5 und 1,5mm betragen kann und als „slide in centric“ bezeichnet wird.

Es sei noch einmal daran erinnert, dass die Kiefergelenke ein Teil einer sehr komplexen, geschlossenen kinematischen Kette sind, die aus den Kiefergelenken, den direkt für die Bewegung dieser Gelenke wichtigsten vier Kaumuskeln und folgenden Gliedern besteht:

- Halswirbelsäule,
- hintere Nackenmuskulatur,
- suprahyoidale Muskulatur,
- infrahyoidale Muskulatur,

- Zungenbein,
- M. sternocleidomastoideus,
- Schultergürtel (Walther 1988).

Eine Einschränkung oder Störung eines Gliedes dieser Kette hat Auswirkungen auf die anderen Glieder des Verbundes. Da das Temporo-mandibulargelenk seine Endposition nicht muskulär frei einstellen oder korrigieren kann, sondern von der Verzahnung und der muskulären Zuggurtung aufdiktiert bekommt, ist es als schwächstes Glied dieser Kette anzusehen.

Die Analyse der gestörten Anatomie in ihrer ganzen Komplexität einschließlich aller Bestandteile der skizzierten kinematischen Kette sowie der sich daraus auch weiter kaudal noch ergebenden Störungen ist daher sehr wichtig für eine exakte Diagnose.

2.2 Funktionsweise des Kiefergelenks

Neben der Mastikation ist das craniomandibuläre System im Alltag an weiteren, für die Lebensqualität wichtigen Funktionen beteiligt. Dazu zählen die Atmung und sensorische, phonetische sowie ästhetische Aufgaben.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist das Art. temporo-mandibularis ein als Drehscharniergelenk (Trochoginglymus) wirkendes Doppelgelenk, welches in das rechte und linke Kiefergelenk, verbunden durch die Unterkieferspange, geteilt werden kann. Jede Bewegung in einem Gelenk führt unweigerlich zu einer Bewegung im anderen Gelenk.

Grundsätzlich unterscheidet man Translations- oder Schiebebewegungen von Rotationen und Pendelbewegungen, die durch die Zweiteilung des einzelnen Gelenks hervorgerufen werden.

Translations- oder Schiebebewegungen geschehen nur in der disco-temporalen Kammer des Kiefergelenks durch Vorwärts- oder Rückwärtsverlagerung des Discus (Protrusion/Retrusion). Die Zahnreihen, besonders die Frontzähne, dienen dabei als Führungshilfe. Bei dieser Bewegung ziehen die Mm. pterygoidei den Gelenkkopf mit dem Discus articularis auf dem

Tuberculum articulare nach ventral und kaudal. Dabei wird der Zahnkontakt im Molarenbereich – entsprechend dem Christensen-Phänomen – aufgehoben (Abb. 2).

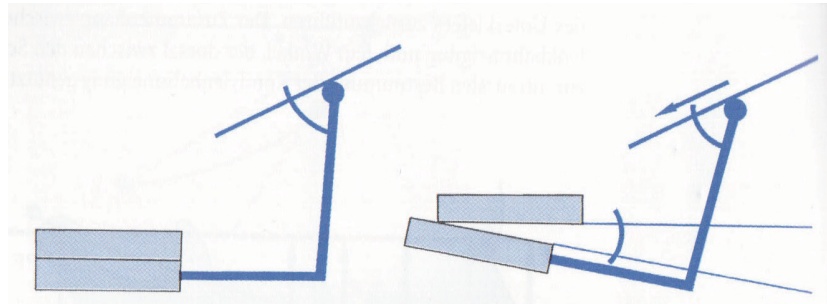


Abb. 2: Christensen-Phänomen (Lehmann & Hellwig 2005)

Rotationsbewegungen beschreiben zum einen die Abduktion und Adduktion und zum anderen die Latero- bzw. Mediotrusion der Mandibula.

Abduktion und Adduktion finden im unteren Teil des Art. temporo-mandibularis statt, werden durch die Kiefergelenke und die Kaumuskulatur geführt und zählen zu den freien Unterkieferbewegungen.

Bei der Mundöffnung bis zu 15% verbleibt das Caput mandibulae in der Fossa mandibularis. Abduktionen darüber hinaus sind mit einer Gleitbewegung der Condylus-Discus-Einheit auf das Tuberculum articulare wie bei der Translationsbewegung verbunden. Dadurch wird die Gelenkachse, die quer durch das Caput mandibulae verläuft, nach ventrokaudal verlagert und kann dort weiterrotieren.

Die Rotationsbewegung ist Voraussetzung für die Mundöffnung. Die Rotation verläuft um eine quer durch das Caput mandibulae laufende, annähernd transversale Achse. Bei stärkerer Mundöffnung verlagern sich das Caput mandibulae und damit auch die quer hindurchlaufende Achse in einer Gleitbewegung nach ventral auf das Tuberculum articulare, wo durch weitere Drehung die stärkere Abduktion der Mandibula erreicht wird.

Bei Laterotrusion des Unterkiefers bewegt sich der Condylus der Mediotrusionsseite (schwingender Condylus) nach medioventral. Der Condylus (ruhender Condylus) der Arbeitsseite stellt das Bewegungszentrum dar und ruht.

Die Rotation des schwingenden Condylus bestimmt dabei den Bennettwinkel, der im Durchschnitt 15-20° beträgt.

Die oben beschriebenen Lageänderungen können gleichzeitig vorgenommen werden und führen zu der sehr komplexen dreidimensionalen Bewegung des Kauens. Man unterscheidet hierbei zwischen Arbeits- und Balanceseite, in die die beiden Unterkieferquadranten bei dieser **Pendel-** bzw. **Mahlbewegung** des Kiefergelenks eingeteilt werden.

Alle Bewegungen des Kiefergelenks werden von Bewegungen der Halswirbelsäule im Sinne der Synkinesie begleitet. So kommt es bei der Mundöffnung zu einer leichten Streckung der unteren Halswirbelsäulensegmente bei gleichzeitiger Flexion zwischen Atlas und Occiput. Diese kinematische Verknüpfung erklärt den engen funktionellen und pathogenetischen Zusammenhang zwischen Erkrankungen oder Funktionsstörungen der Halswirbelsäule und solchen der Kiefergelenke.

Treten Störungen in der Abduktionsmechanik des Kiefergelenks auf, sieht man fast regelmäßig eine Veränderung dieser synkinetischen Reaktion. Dabei wird die mangelnde Öffnungsfähigkeit des Kiefergelenks durch eine Umkehr der physiologischen Flexion in den Kopfgelenken im Sinne einer Hyperextension kompensiert, was nicht selten zu einer begleitenden Störung der Gelenkmechanik in diesem Abschnitt der Halswirbelsäule und zu entsprechenden hypertonen Reaktionen in der suboccipitalen Muskulatur führt.

Die komplizierten Verknüpfungen von anatomischen Strukturen, deren Funktionen und Synkinesien können in der „International Classification of Functioning“ (ICF) klassifiziert werden. Die ICF stellt eine standardisierte Sprache für die weltweite Kommunikation über Gesundheit und gesundheitliche Versorgung dar und ermöglicht Datenvergleiche zwischen Ländern, Disziplinen im Gesundheitswesen, Gesundheitsdiensten sowie im Zeitverlauf (Schuntermann 2001).

Entgegen der „International Classification of Disease“ (ICD) befasst sich die ICF nicht mit den Krankheiten selbst, sondern mit deren Folgen für die funktionale Gesundheit des Menschen.

Eine Person ist funktional gesund, wenn:

- ihre körperlichen Funktionen und Körperstrukturen denen eines gesunden Menschen entsprechen (Körperfunktionen und -strukturen),
- sie all das tut oder tun kann, was von einem Menschen ohne Gesundheitsprobleme (ICD) erwartet wird (Aktivitäten),
- sie ihr Dasein in allen Lebensbereichen, die ihr wichtig sind, in der Weise und dem Umfang entfalten kann, wie es von einem Menschen ohne gesundheitsbedingte Beeinträchtigung der Körperfunktionen oder -strukturen oder der Aktivitäten erwartet wird (Partizipation).

Um die verschiedenen Perspektiven der Funktionsfähigkeit zu integrieren, wird in der ICF ein „biopsychosozialer“ Ansatz verwendet, welcher versucht, eine Synthese zu erreichen, die eine kohärente Sicht der verschiedenen Perspektiven von Gesundheit auf biologischer, individueller und sozialer Ebene ermöglicht.

3 FRAGESTELLUNGEN

3.1 Kann man Kaufunktionsstörungen klinisch standardisiert erfassen?

Um eine praxisorientierte, einheitliche und reproduzierbare Anwendbarkeit in der CMD-Diagnostik erzielen zu können, ist ein eigens dafür erstellter, standardisierter CMD-Funktionsbogen sinnvoll. Mit Hilfe dieses Untersuchungsbogens soll sich eine Verbesserung für den in der Praxis tätigen Arzt hinsichtlich der einheitlichen, vergleichbaren Diagnostik, Verlaufskontrolle und Therapieeffizienz erzielen lassen.

3.2 Welche typischen klinischen und apparativen Befunde bezüglich der Kaufunktion finden sich bei Probanden?

Das Krankheitsbild der craniomandibulären Dysfunktion ist ein multi-ätiologisches und multisymptomatisches Geschehen. Daher muss geprüft werden, ob einige Symptommuster gehäuft auftreten und ob sie sowohl mit der klinischen als auch den apparativen Untersuchungen gleichermaßen diagnostiziert werden können.

3.3 Sind Normwerte für regionale Oberflächen-EMG-Ableitungen bei klinisch Gesunden ermittelbar?

Anhand der im Rahmen dieser Studie beteiligten Probanden soll untersucht werden, ob Normwerte für die im EMG erkennbaren Muskelaktivitäten bestimmt werden können, mit deren Hilfe pathologische Muskelmuster zur Kennzeichnung einer CMD bei Abweichungen von dieser Norm erfassbar werden.

Mithilfe des Oberflächen-EMGs SinfoMed wurde bei Ausführung verschiedener Bewegungen des Art. temporomandibularis die Spannung des M. temporalis anterior, des M. masseter, des M. sternocleidomastoideus und des M. trapezius descendens gemessen.

3.4 Wie bilden die verwendeten Outcomes den allgemeinen und den spezifischen Gesundheitszustand der untersuchten Probanden ab?

Da die CMD multifaktoriellen Ursprungs sein kann, wobei auch die psychologische Komponente möglicherweise eine Rolle spielt, ist die Diagnostik nicht ausschließlich auf fassbare pathologische Funktionsbefunde zu fokussieren, sondern auch der regional bezogene und allgemeine Gesundheitszustand ist zu erörtern. Als spezifische Fragebögen zum Kiefergelenk sind der TMD und der Helkimo gebräuchlich, die allgemeine Gesundheit wird mit dem SF-36 erfasst. Wie die Fragen zu der spezifischen Region und der allgemeinen Gesundheit von den Probanden beantwortet werden und wie diese Antworten mit den Befunden korrelieren, ist Gegenstand dieser Fragestellung.

3.5 Welche Korrelationen bestehen zwischen klinischen und apparativen Bewertungsparametern?

Es soll geklärt werden, ob die verschiedenen Diagnostikmethoden, die zur Erfassung der craniomandibulären Dysfunktion eingesetzt werden, korrelieren bzw. ob bestimmte Untersuchungsverfahren keine reproduzierbaren Aussagen liefern. Bei dem Vergleich der Bewegungsfunktionsuntersuchung mit den Befunden der 3D-Bewegungsanalyse sollte überprüft werden, ob ein Zusammenhang zwischen einer klinisch festgestellten Störung der HWS und deren Beweglichkeit besteht.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt dieser Studie besteht darin, herauszufinden, inwieweit die Kombination der Diagnose-Verfahren eine verbesserte Diagnostik erzielt. Aus fachlichen Effizienzgründen ist die Beantwortung dieser Frage Grundlage der Erstellung aussagefähiger Untersuchungsschemata für den Praxisalltag.

3.6 Ist ein standardisierter Funktionsbogen in der Diagnostik von möglichen Kaufunktionsstörungen notwendig und praktikabel?

Unsere Hypothese ist, dass zu einer umfassenden Diagnostik von Kiefergelenkbeschwerden ein standardisiertes Vorgehen der klinischen Untersuchungen notwendig ist.

Welche Untersuchungen hierzu sinnvoll sind und wie ein solches Befundungsmanagement praktikabel ist, wird in dem selbst entwickelten Funktionsbogen zur Erfassung von Kiefergelenkstörungen oder ihrer Ursachen vorgeschlagen. Seine Überprüfung an Probanden und nachfolgend an Patienten dient der Beantwortung o.g. Fragestellung.

4 PROBANDEN UND METHODEN

4.1 Probanden

Am Institut für Physiotherapie der Friedrich-Schiller-Universität Jena wurden bei 20 – laut eigenanamnestischen Angaben insbesondere hinsichtlich des Kauapparates – gesunden und schmerzfreien Probanden die Kiefergelenkstellungen und -funktionen sowie das Bewegungssystem orientierend untersucht. Die Probanden, 7 Frauen (mittleres Alter: $21,9 \pm 1,86$) und 13 Männer (mittleres Alter: $22,2 \pm 1,9$), waren zwischen 19 und 25 Jahre alt. Im Durchschnitt entspricht dies einem Altersprofil von $22,1 (\pm 1,85)$ Jahren. Alle Probanden nahmen freiwillig an den Untersuchungen teil.

Als Einschlusskriterium galt, dass bei den entsprechenden Studienteilnehmern keine Schmerzen in der Zervikal- und in der Kieferregion vorlagen. Ausschlusskriterien waren Beschwerden und/oder Bewegungseinschränkungen in den genannten Regionen sowie vorangegangene Unfälle oder Operationen im Kieferbereich. Vollprothesenträger und Probanden mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen durften ebenfalls nicht an der Studie teilnehmen, da das Anbringen der Zebris-Apparatur in diesem Fall nicht möglich gewesen wäre.

4.2 Patienten

Nach dem Prozess der Erstellung des Funktionsbogens wurde dessen Praktikabilität im Kliniksalldtag in der CMD-Sprechstunde von Prof. Smolenski an 20 Patienten, davon 14 Frauen (mittleres Alter: $36,8 \pm 11,2$ Jahre) und 6 Männer (mittleres Alter: $31,2 \pm 7,4$ Jahre), getestet.

Einschlusskriterien waren Beschwerden und/oder Bewegungseinschränkungen in der Kieferregion. Ausgeschlossen waren jedoch Patienten mit Strukturstörungen (z.B. Frakturen und Rupturen) im Kiefergelenkbereich.

4.3 Studiendesign

In einer Querschnittstudie mit einer Klumpenstichprobe wurden freiwillige gesunde Probanden nach Terminabsprache im Zeitraum von August bis November 2008 am Institut für Physiotherapie des Universitätsklinikums Jena einmalig untersucht. Die Anwendungstestung des erstellten Funktionsbogens erfolgte an 20 Patienten zwei Jahre später.

4.4 Versuchsaufbau und -durchführung

Um die effizienteste Diagnostik zur Erfassung von craniomandibulären Dysfunktionen zu ermitteln, wurden drei verschiedene Diagnoseverfahren durchgeführt. Alle drei Messungen wurden an einem Tag in konstanter Reihenfolge absolviert.

Begonnen wurde stets mit der klinischen Untersuchung, darauf folgten die 3D-Bewegungsfunktionsanalyse (Zebris) und zuletzt die oberflächenelektromyographische Untersuchung (SinfoMed) ausgewählter Muskeln.

Die einzelnen Untersuchungen wurden von der gleichbleibenden Person vorgenommen, sodass die Fehlerrate gering gehalten werden konnte.

Zuerst erfolgte die Befragung hinsichtlich der Ausschlusskriterien, deren Ergebnis in dem dafür vorgesehenen und im Anhang dargestellten Erfassungsbogen dokumentiert wurde.

Bei Eignung der Untersuchungsperson wurden dieser im Rahmen eines ausführlichen Gesprächs die Messapparatur und der Versuchsaufbau erklärt und der Aufklärungsbogen ausgehändigt. Nach reichlicher Bedenkzeit und der Möglichkeit, offene Fragen zu diskutieren, quittierte der zu Untersuchende die Aufklärung und das Einverständnisschreiben zur Teilnahme an der Studie.

4.4.1 Klinische Untersuchung

Zur Gewährleistung einer standardisierten Abfolge bei der klinischen Untersuchung wurde entsprechend den in der Einleitung beschriebenen multifaktoriellen Zusammenhängen ein Untersuchungsbogen entwickelt, der es dem manualmedizinisch ausgebildeten Arzt ermöglicht, in immer unveränderter Reihenfolge Aufschluss über den Gesundheitszustand des Bewegungssystems und speziell der Funktion und Dynamik des Kiefergelenks inklusive der betreffenden Muskulatur zu gewinnen.

Im Untersuchungsbogen wurden folgende Parameter erfasst:

4.4.1.1 Allgemeine Statik

Eine orientierende Übersicht zu Eckpunkten einer effizienten Statik geben die Einschätzung der Haltung des Patienten mit der Beurteilung des Lotes vom Foramen acusticum zum Malleolus lateralis in der Frontalebene, die Symmetriebewertung markanter Skelettpunkte von hinten sowie der Wirbelsäulenverlauf.

Muskuläre Dysbalancen, d.h. ein Ungleichgewicht zwischen einem aktiven Skelettmuskel (Agonisten) und seinem Gegenspieler (Antagonisten), werden durch das obere (ogS) und das untere gekreuzte Syndrom (ugS) ermittelt. Begünstigt werden diese Dysbalancen durch die natürliche Neigung bestimmter Muskelgruppen mit Haltefunktion, zu verkürzen oder schwächer zu werden (Janda 2000).

Bei dem oberen gekreuzten Syndrom findet sich auf der Vorderseite ein verkürzter M. pectoralis, auf der Rückseite sind die ebenfalls zur Verkürzung neigenden M. trapezius sowie abgeschwächte Schulterblattfixatoren und tiefe Halsbeuger nachweisbar. Das untere gekreuzte Syndrom ist charakterisiert durch die abgeschwächten M. rectus abdominis und M. gluteus maximus sowie die verkürzten M. erector spinae und M. iliopsoas.

Ergänzt werden diese Informationen durch Auffälligkeiten während isometrischer Anspannung in jede mögliche Wirbelsäulenbewegungsrichtung, die sich durch Schmerzen oder Muskelabschwäche äußern kann.

Weitere wichtige Daten zur allgemeinen Statik wurden mit Hilfe der in Abb. 3 aufgeführten Standardtests erfasst. Diese Bewegungsfunktionsmessungen, wie z.B. das Maß nach SCHOBER (1937) sowie der Finger-Boden-Abstand (FBA), dienen dazu, die Wirbelsäulenbeweglichkeit einzuschätzen und Asymmetrien bzw. Körperfehlhaltungen (z.B. Schulterhochstand, Beckenrotation, gestörter Hacken- und Zehengang) zu identifizieren.

1. Allgemeine Statik ☒

oberes gekreuztes Syndrom ☐ ja

unteres gekreuztes Syndrom ☐ ja

Isometrie	Rotation		Seitneige		Anteflexion	
	re.	li.	re.	li.	re.	li.
HWS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BWS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	re.	li.
Schulterhochstand	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Taillendreieck verstrichen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Beckenrotation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Beckenhochstand	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hackengang gestört	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zehengang gestört	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Skoliose-Überhang	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Schober	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; position: relative;"> <div style="position: absolute; right: 0; top: 0; bottom: 0; width: 20px; background-color: black;"></div> </div>	
Finger-Boden-Abstand	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; position: relative;"> <div style="position: absolute; right: 0; top: 0; bottom: 0; width: 20px; background-color: black;"></div> </div>	

Abb. 3: Ausschnitt „Allgemeine Statik“ aus dem „CMD-Funktionsbogen“

4.4.1.2 Bewegungsfunktionsstörungen der Wirbelsäule

Die Bewegungsrichtungen, die in den drei Wirbelsäulenabschnitten (Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule) möglich sind, werden hinsichtlich ihres Bewegungsausmaßes und ihrer Schmerzfreiheit mittels orientierender aktiver Untersuchung beurteilt. Zur Begutachtung der LWS steht der Patient hüftbreit aufrecht, während HWS und BWS im Sitz bewertet werden. Hinweisende Informationen zur Funktion des Iliosacralgelenks (ISG) als achsennahes Gelenk gibt die mögliche Mitnahmebewegung des Iliums durch das Sacrum bei der Funktionsbewegung Anteflexion (Vorlaufphänomen).

4.4.1.3 Fasciales Screening (ten-step-test)

Die Untersuchung nach Ganzkörperspannungsphänomenen (Abb. 4) erfolgt nach JANDA (2000). Grundsätzlich kann dabei, wie bereits unter 3.3.1 („Allgemeine Statik“) beschrieben, zwischen verkürzter und abgeschwächter

Muskulatur unterschieden werden. Das geschieht hierbei nicht im Agonisten-Antagonisten-Vergleich, sondern im Seitenvergleich. Mittels Traktions-, Translations- bzw. Rotationsprüfung werden myofasciale Spannungsphänomene in den untersuchten Regionen beidseits erfasst und dann in der Seitenrelation bewertet. Durch die im Liegen ausgeführte Untersuchung werden alle dynamischen und posturalen Aktivitäten ausgeschaltet. So liefert diese orientierende Ganzkörperuntersuchung Informationen, die bereits auf den aktuellen pathogenetischen Befund hinlenken können und so den weiteren Untersuchungsgang bestimmen. In zehn Untersuchungsschritten werden alle Körperregionen, einschließlich der Extremitäten, examiniert.

Im Unterschied zur Muskelfunktionsprüfung wird hier dem Bindegewebe die Priorität beigemessen. Ein gekreuztes Muster, d.h., dass sich Spannungsunterschiede im Seitenvergleich abwechseln, ist als physiologisch zu bewerten.

Im Unterschied zur Kontrolle auf Verkürzung eines Muskels wird das passive Bewegungsausmaß im Gelenk gemessen, dabei sollte die zu prüfende Muskelgruppe isoliert erfasst werden (Janda 2000).

Als diagnostisches Verfahren erfasst das myofasciale Screening (ten-step-test) gestörte Gewebecompliance und gestörte Resonanz aller Gewebe bei passiver Bewegung. Störungsbefunde sind Manifestationen von erhöhter Resistenz und verminderter Compliance. Diese Störungen haben nicht nur Auswirkungen auf die Bewegungsfunktion, sondern auch auf die Blutzirkulation, auf viscerale Funktionen und auf autonome Regelvorgänge (Schildt-Rudloff & Sachse 2008).

3. Fasciales Screening <input checked="" type="checkbox"/>	
(ten-step-test)	
	re. li. nicht beurteilbar
Beintraktion	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Leg turn in	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Rock Test	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Thoraxtranslation	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Thoraxkompression von unten	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Thoraxkompression von oben	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Armtraktion	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Unterarmpronation	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Halstranslation	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Halsextension	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>

Abb. 4: Ausschnitt „Fasciales Screening“ aus dem „CMD-Funktionsbogen“

4.4.1.4 *Visuelle Analogskala (VAS)*

Die Visuelle Analogskala ist eine eindimensionale Partitionsskala, die versucht, Schmerzintensitäten zu objektivieren, und die aufgrund der Erhebung von numerischen Werten eine gute Reproduzierbarkeit und Kontinuität aufweist. Daher ist sie ein Schmerzmessverfahren mit großer praktischer Relevanz, vor allem im klinischen Alltag.

Mit der VAS kann das subjektive Schmerzempfinden des Patienten eruiert werden. Auf einer messsschieberartigen Skala, definiert durch einen Ausgangspunkt (0) für „Schmerzfreiheit“ und einen Endpunkt (10) für „maximal vorstellbare Schmerzen“, gibt der Patient seinen subjektiv erlebten Schmerzzustand wieder. Die erfragte Schmerzstärke wird dementsprechend zwischen den beiden Punkten gekennzeichnet und der Abstand der Markierung wird zum Anfangspunkt der Strecke in Millimetern abgemessen. Der auf diese Weise ermittelte numerische Wert ist protokollierbar.

Dabei bietet die VAS eine intra- und interindividuelle Vergleichsmöglichkeit von Aussagen des Schmerzverhaltens (Winkelmann und Schreiber 1997).

Die Visuelle Analogskala wurde zum einen gesondert für das Kiefergelenk und zum anderen allgemein für den gesamten Körper erfasst.

4.4.1.5 *Funktion des Kiefergelenks*

Mit einem Messschieber wurden die Bewegungsmaße des Unterkiefers im Bezug zum Oberkiefer ermittelt. Im Speziellen waren dies: maximale aktive und passive Mundöffnung, maximale Protrusion sowie Laterotrusion nach links und rechts.

Bei diesen Bewegungen auftretende eingeschränkte Funktionen wurden ebenso vermerkt wie Lokalisation und Art der Funktionseinschränkung (Abb. 5).

5. Funktion ☑

max. Mundöffnung mm ☐ ja ☐ nein

max. Laterotrusion re. mm ☐ ja ☐ nein

max. Laterotrusion li. mm ☐ ja ☐ nein

max. Protrusion mm ☐ ja ☐ nein

passive Mundöffnung mm ☐ ja ☐ nein

eingeschränkte Fkt.

re. Öffnen li.					re. Schließen li.		
S	Kr	Kn			S	Kr	Kn
			initial	terminal			
			intermediär	intermediär			
			terminal	initial			

S = Schmerz; Kr = Krepitation; Kn = Knacken

Abb. 5: Ausschnitt „Funktion“ aus dem „CMD-Funktionsbogen“

4.4.1.6 Dynamik des Kiefergelenks

Zusätzlich zu den unter „Funktion des Kiefergelenks“ erfassten Messwerten wurden der vertikale Abstand der Incisalkanten von Ober- und Unterkiefer (Overbite) und der sagittale Abstand der Labialflächen der Oberkiefer- zu den Unterkieferfrontzähnen (Overjet) gemessen und eingetragen.

Dyskoordination, Deviation und/oder Deflexion wurden ebenfalls befundet und im dafür vorgesehenen Bereich eingezeichnet (Abb. 6). Des Weiteren wurde das Kiefergelenk auf eventuelle Blockierungen und ein festes Endgefühl untersucht. Zuletzt erfolgte eine Beurteilung der Isometrie des Kiefergelenks bei bestimmten Bewegungen.

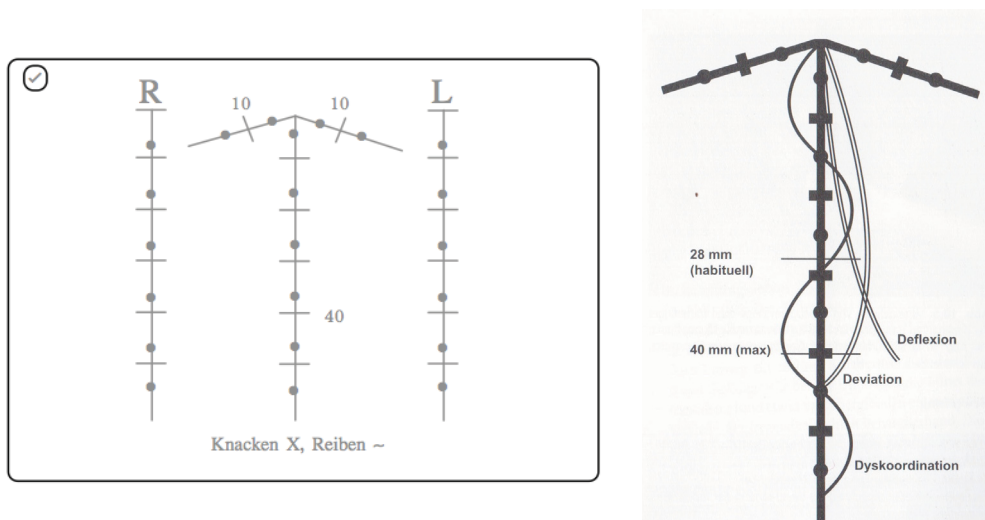


Abb. 6: Ausschnitt „Dynamik“ aus dem „CMD-Funktionsbogen“; gegenübergestellt Schema zur Dokumentation des Befundes bei aktiver Mundöffnung (Schildt-Rudloff & Sachse 2008)

4.4.1.7 Angrenzende Muskulatur

Neben der Kaumuskulatur wurde auch die in das Kausystem involvierte Muskulatur auf Schmerz, Hypertonus und eventuelle Triggerpunkte im Seitenvergleich untersucht (Abb. 7).

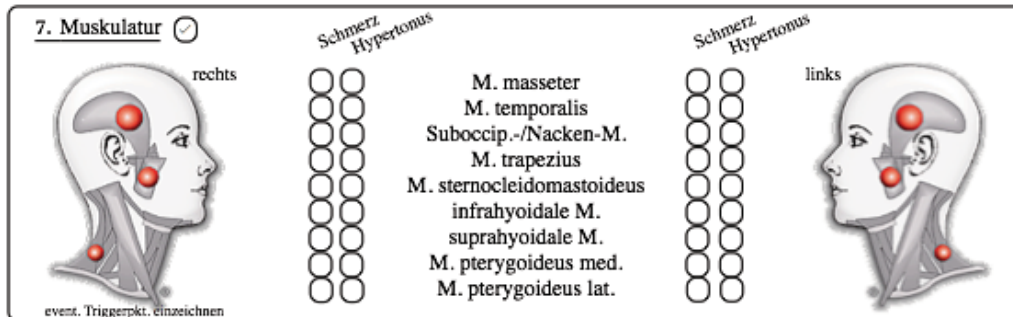


Abb. 7: Ausschnitt „Muskulatur“ aus dem „CMD- Funktionsbogen“

4.4.1.8 Pathologisch neurologische Befunde

Aufgabe der neurologischen Untersuchung ist es, organische Erkrankungen von Hirn, Rückenmark, peripheren und vegetativen Nerven sowie die u.a. zu Lähmungen führenden Muskelerkrankungen zu erkennen. Da es sich im Fall dieser Studie um Probanden ohne bekannte neurologische Störungen handelte, wurde hier lediglich eine Prüfung der wichtigsten und offensichtlich erkennbaren Störungen, wie z.B. Facialisparese und Trigeminusneuralgie, durchgeführt.

4.4.2 Apparative Untersuchungen

4.4.2.1 3D-Bewegungsfunktionsanalyse (Zebris)

Im zweiten Diagnoseverfahren wurden typische Bewegungsmuster (Posselt sagittal/frontal) sowie isolierte Bewegungen (Laterotrusion rechts/links, Protrusion) der Mandibula mit der Software Zebris aufgezeichnet, um zum einen die Daten mit den klinischen Werten zu vergleichen und zum anderen einschränkende Einflüsse auf die Funktion des Art. temporomandibularis genauer feststellen zu können; dazu gehörte auch die Beweglichkeit der Halswirbelsäule.

Die Zebris-„WinJaw“-Funktionsmessung basiert auf der Laufzeitmessung von Ultraschallimpulsen im dreidimensionalen Raum in Echtzeit. Langjährige Anwendung findet dieses Prinzip bei Messsystemen des gleichen Herstellers zur Erfassung der Bewegungsausmaße der Halswirbelsäule, der Lendenwirbelsäule und der Ganganalyse (Smolenski et al. 1998, Schreiber et al. 2001, Vogel et al. 2006).

Bei allen Systemen werden von mehreren Ultraschallquellen Impulse ausgesandt, die wiederum von mehreren Empfängern (Mikrofonen) registriert werden. Ein Analysegerät wertet die unterschiedlichen Laufzeiten der Wellen vom Sender zum Mikrophon aus und gibt diese Informationen an die auf einem PC installierte Software weiter. Aufgrund der unterschiedlichen Ausbreitungszeiten kann die Software die Stellung der zuvor kalibrierten Messapparatur im Raum errechnen. Nach dem gleichen Prinzip arbeitet das GPS-System.

Das „WinJaw“-Messsystem besteht aus Hard- und Software, wobei sich die Hardware im Wesentlichen aus einem handelsüblichen PC, dem Motion-Analyser und der eigentlichen Messapparatur mit Ultraschallköpfen und -mikrofonen zusammensetzt.

Eine sich auf dem Nasenbein und beiden Os temporale abstützende Schiene zur Aufnahme der Ultraschallmikrophone ist über ein Datenkabel mit dem Motion-Analyser verbunden.

Er verarbeitet die ankommenden Impulse in der Art, dass die Zeit zwischen Aussenden und Registrierung der ankommenden Ultraschallwellen

gemessen wird und mit allen anderen Ultraschallmikrophonen verglichen werden kann. Um Fehlmessungen zu vermeiden, sind andere hochfrequente Schallquellen unbedingt zu eliminieren. Zudem muss der direkte Weg zwischen Sender und Empfänger frei sein. Dies ist für die Gesamtheit der vermuteten Bewegung zwingend erforderlich.

Über eine serielle Schnittstelle ist der Motion-Analyser mit dem PC der Messeinheit verbunden, sodass die installierte Software aus den gemessenen Zeiten und den dem System zuvor eingegebenen Fixpunkten die Bewegung des Attachements errechnen kann.

Da die an den Zähnen angebrachte Aufnehmerschiene genormt ist, errechnet „WinJaw“ die Stellung der unteren Frontzähne im Raum. Infolge der hohen Abtastrate von 120 Impulsen pro Minute kann die Bewegung der Inzisiven am Unterkiefer nachverfolgt werden. Dabei ermittelt die Software aus der angedeuteten Kreisbahn, welche die Unterkieferinzisiven beschreiben, die Bewegungsausmaße. Die Messgenauigkeit beträgt laut Hersteller $\pm 0,1\text{mm}$.

Im Programm sind vielfältige Einstellungen wählbar. So können beispielsweise die Bewegungsabläufe definiert und frei kombiniert werden. Ferner können Abtastrate, Methode der Bestimmung der Kiefergelenkachse und Art der Marker gewählt werden. Diese Einstellungen werden dann unter dem Projektnamen gespeichert und bei jedem Untersuchungszyklus aufgerufen. Änderungen im Setting innerhalb der Studie fanden nicht statt.

Der Proband nahm auf einem Bürostuhl ohne Armlehnen und mit dem Rücken dem PC-Monitor zugewandt Platz. In dieser Position wurden alle Versuche der Zebris-Testreihe sowie das Oberflächen-EMG durchgeführt, um diesbezüglich verändernde Einflüsse, vor allem muskulärer Art, auszuschließen. Mit dieser Festlegung wurde nicht nur den Empfehlungen aus einer früheren Arbeit von SMOLENSKI et al. (1998) gefolgt, sondern auch visuelle Feedbackphänomene wurden vermindert. Die Testpersonen saßen aufrecht, angelehnt und mit festem Bodenkontakt beider Füße.

Es hat sich als günstig erwiesen, vor dem Anbringen des Ultraschallsystems für die Messungen die geplanten Untersuchungsbewegungen zu üben, da

sie keine Alltagsbewegungen sind und einen hohen koordinativen Anspruch an das Kausystem des Probanden stellen.

Danach wurde das Ultraschallsystem für die Messungen vorbereitet, indem die Trägerschiene für die Ultraschallsender möglichst genau an die Unterkieferfrontzahnreihe anmodelliert wurde. Hierbei war es vor allem wichtig, dass der Proband die habituelle Okklusion störungsfrei einnehmen konnte.

Der zähfließende, selbsthärtende Kunststoff (Luxatemp®) wurde blasenfrei auf der Halteschiene verteilt, ohne Zeitverzug an die bereits definierte Position gebracht und dort unter leichtem Druck zum Aushärten gehalten. Es ist darauf zu achten, dass die Trägerschiene nicht durchgedrückt wird und sich somit kein Material mehr zwischen ihr und den Zähnen befindet.

Da der Kunststoff auch in die Approximalbereiche der Zähne gelangt, muss der Abdruck vor der kompletten Aushärtung abgenommen werden, da sonst untersichgehende Stellen die Entfernung des Abdrucks behindern und ihn zerstören können. Jedoch sollte sich der Abdruck auch nicht mehr wesentlich verformen.

Eine korrekte sagittale Ausrichtung war nicht nötig, da das System eine Ausgangsposition, die allein über ein korrektes Messergebnis entscheidet, mit Hilfe der weiteren Orientierungspunkte eigenständig errechnet.

Vor der vollständigen Aushärtung mussten Überstände, die eventuell die Bewegungsvorgänge behindern konnten, mit einem Messer oder Skalpell vorsichtig entfernt werden. Etwaige Kunststoffreste wurden aus der Zahnreihe beseitigt, während der Zahnabdruck vollständig auspolymerisierte. Danach konnte der regelrechte Sitz der Schiene überprüft werden, der meistens durch ein leises Klicken der erstarrten Masse in die Unterkieferzahnreihe bestätigt wurde. Störungen des erwünschten Zahnkontakts wurden sichtbar und mussten durch Anfertigung einer neuen Schiene nach Möglichkeit behoben werden. Anschließend wurden die Ultraschallempfänger auf das Nasenbein und beidseitig parietal am Schädel aufgesetzt. Danach wurde am PC die „WinJaw“-Software gestartet.

Im nächsten Arbeitsschritt wurden die von der Software vorgegebenen Orientierungspunkte des Gesichtsschädels des Probanden mittels den an die Ultraschallsendeeinheit angebrachten genormten Markern in das System

eingetragen. Hierbei sollten immer alle drei Ultraschallsender aktiv sein, dies zeigte der „WinJaw“-Screen deutlich an, indem das Empfängersymbol von Rot zu Grün wechselte.

Die zu markierenden Stellen waren die Drehpunkte der Kiefergelenke, eine Fossa infraorbitalis sowie der Incisalpunkt. Der Condylenpunkt ließ sich leicht durch Öffnungs- und Schließbewegungen des Unterkiefers palpieren und so konnte seine Mitte sehr genau eingetragen werden. Welche Infraorbitalgrube man wählte, war nicht entscheidend, da die Software selbstständig erkannte, auf welcher Seite man sich befand. Nach erfolgreicher Eingabe galt es, die Markierung der Orientierungspunkte zu bestätigen.

Bei der apparativen Untersuchung war es im Gegensatz zur manuellen Vermessung möglich, auch dynamische Messungen und damit Bewegungsabläufe zu erfassen. Das maximale Kreisen des Unterkiefers in Frontal- und Sagittalebene wird so registriert. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass dies keine alltäglichen Bewegungen sind und deshalb genügend Zeit zum Üben im Untersuchungsablauf zu berücksichtigen ist.

Die bereits passgenau angefertigte Unterkieferschiene wurde im nächsten Schritt mittels HistoAcryl-Klebstoff an der Unterkieferzahnreihe angeklebt. Unbedingt war zu vermeiden, dass Kleber mit dem Zahnfleisch der Probanden in Berührung kam, da dies beim Lösen der Schiene zu Verletzungen hätte führen können, und es war darauf zu achten, dass die betroffenen Zähne vor dem Klebevorgang von Speichel befreit wurden. Ohne diese Maßnahme hätte der Speichel das Ultraschallsystem von der Unterkieferfront abgelöst.

Klebte die Schiene sicher, konnte sie vorsichtig mit den Ultraschallsendern verbunden werden. Anschließend wurde das Messsystem kalibriert und damit „auf Null gestellt“. Selbst kleinste Bewegungen des Unterkiefers des Probanden waren auf dem Bildschirm in Echtzeit zu verfolgen.

Der Testleiter stand frontal vor der Testperson und führte so durch die eigentliche Untersuchung. Aufgrund seiner Position konnte er gleichzeitig den PC-Monitor beobachten und dem Probanden die aktuell geforderten Bewegungen anzeigen (Abb. 8). Sofort konnte beurteilt werden, ob der volle Bewegungsumfang des Unterkiefers erreicht wurde oder nicht. Es sollten drei aussagekräftige Aufzeichnungen erfolgen. Die Daten wurden gespeichert

und ohne Veränderungen an der Apparatur durchlief der Versuchsteilnehmer die weiteren Versuchsreihen.

Nach Beendigung des Testablaufs wurden Ultraschallsender und -empfänger abgebaut und die angeklebte Schiene wurde durch sanfte alternierende Wackelbewegungen von der Frontzahnreihe abgelöst. Eventuelle Klebereste entfernte der Proband mit einer Zahnbürste. Abschließend erfolgte die Desinfektion aller mit dem Patienten in Kontakt gekommenen Instrumentarien.

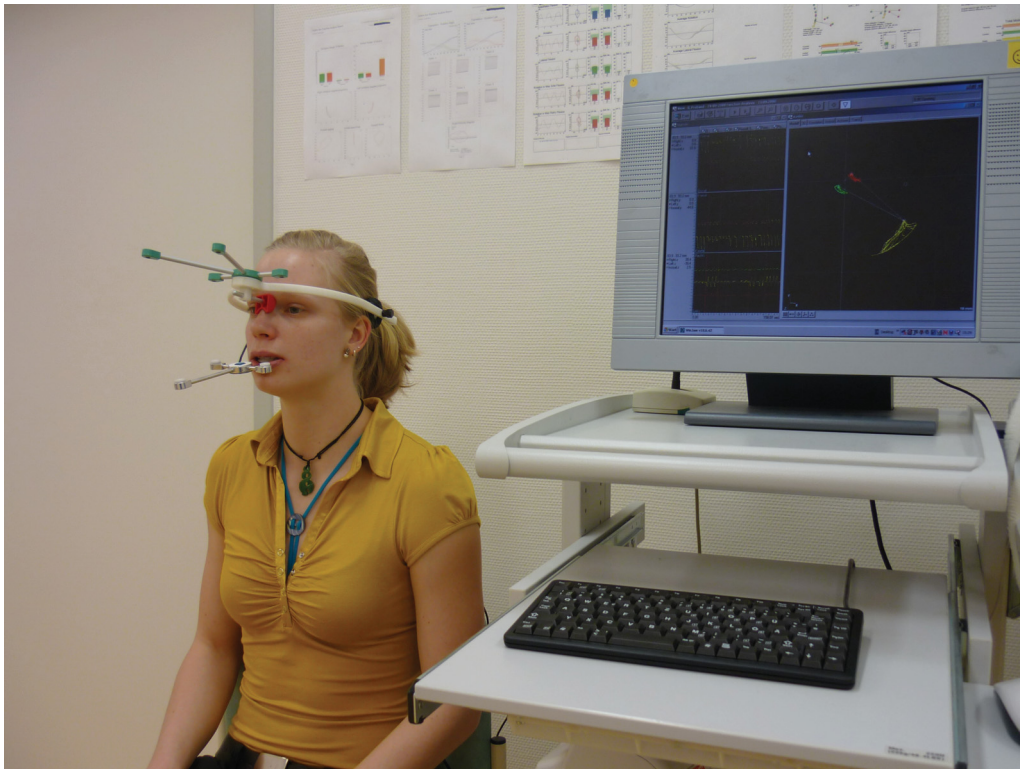


Abb. 8: Versuchsaufbau der Zebris-Apparatur für die Aufzeichnung von hochfrequenten Schallimpulsen am Probanden

4.4.2.2 *Oberflächenelektromyographische Untersuchung (SinfoMed)*

Die Oberflächenelektromyographie ist eine funktionell orientierende Untersuchung, mit deren Hilfe die elektrische Aktivität der Muskeln bzw. der motorischen Einheiten an der darüberliegenden Hautoberfläche mit Hilfe zweier oder mehrerer Elektroden erfasst werden kann. Diese Messmethode

ist leicht in vivo anwendbar und nicht invasiv. Die über dem entsprechenden Muskel gemessenen Spannungsdifferenzen bzw. Potenziale entsprechen einem Summenaktionspotenzial, das durch räumliche und zeitliche Addition der Potenziale einzelner motorischer Einheiten entsteht. Die gemessenen Potenziale durchdringen auf dem Weg an die Oberfläche verschiedene Gewebe (Fascien, Unterhautfettgewebe und Haut), wobei ein charakteristisches, diskontinuierliches Entladungsmuster, das sogenannte Interferenzmuster (Basmajian 1985), entsteht. Es enthält Potenziale unterschiedlicher Form, Frequenz und Amplitude, die sich in Abhängigkeit von der Aktivität der motorischen Einheiten überlagern können. Die elektrische Aktivität der Muskeln ist Ausdruck ihrer mechanischen Tätigkeit (Zschorlich 1987).

Es sind zwei grundlegende Untersuchungsarten der Elektromyographie zu unterscheiden.

Die Nadelelektromyographie dient vor allem im klinischen Alltag der Differenzierung neurogener und myogener Läsionen. Im Gegensatz dazu eignet sich die Oberflächenelektromyographie zur räumlichen, zeitlichen und quantitativen Charakterisierung des Ausmaßes elektrischer Aktivierung zwischen und innerhalb von einzelnen Muskeln und damit besonders zur Erfassung ganzer Muskeln bzw. Muskelketten.

Mit dem Oberflächen-EMG von SinfoMed wird die an den Bewegungen des Kiefergelenks beteiligte Muskulatur auf ihre Entstehung, ihre Stärke sowie ihren Aktionszeitraum untersucht, indem die durch physiologische Zustandsänderungen an der Muskelfasermembran erzeugten myoelektrischen Aktivitäten aufgezeichnet werden.

Dazu zählen die Kaumuskeln M. temporalis anterior und M. masseter sowie der M. sternocleidomastoideus und M. trapezius descendens, die für die Stabilisierung und Bewegung des Halses und des Kopfes verantwortlich sind.

Um einen möglichst geringen Übergangswiderstand zwischen Elektroden und Gewebe zu erhalten, wurde die Haut vor dem Kleben der Elektroden auf die zuvor genannten vier Muskeln mehreren Vorbereitungsschritten

unterzogen. CRAM & ROMMEN (1989) untersuchten die Einflüsse der Hautpräparation mit Alkohol und Elektrodenpaste auf die Elektrodenimpedanz und die EMG-Werte, wobei die günstigsten Übergangswiderstände durch beide Maßnahmen erreicht wurden. Zur Elektrodenpositionierung sollten die Richtlinien nach „Seniam“ befolgt werden. Für die von uns untersuchten Muskeln liegen bis dato jedoch keine Empfehlungen dieser Organisation vor. Lediglich für den M. trapezius descendens gibt es eine vorgeschriebene Elektrodenposition. Sie befindet sich auf halber Wegstrecke zwischen Acromion und Vertebra C7.

An diesen Richtlinien anlehnend wurden die weiteren Elektroden ebenfalls auf halber Wegstrecke zwischen Ansatz und Ursprung des jeweiligen Muskels an anatomisch gut auffindbaren Punkten befestigt. Zuvor wurde die Haut an den betreffenden Stellen schonend rasiert und mit Meliseptol-Tüchern (Propanol) entfettet. Anschließend wurden die obersten toten Hautschichten durch sanftes Peeling (Skin-Pure-Paste) entfernt und die Elektroden dem Muskelfaserverlauf entsprechend aufgeklebt (Abb. 9).



Abb. 9: Elektrodenpositionen für die Aufzeichnung myoelektrischer Signale durch SinfoMed am Probanden

4.4.3 Outcomes

4.4.3.1 SF-36

Laut WHO-Definition bezieht sich Gesundheit nicht nur auf die körperlichen, sondern auch auf die psychischen und sozialen Aspekte, die alle einheitlich erfassbar bzw. messbar gemacht werden mussten.

Um den Gesundheitszustand subjektiv zu ermitteln, wird seit 1992 der psychometrisch geprüfte und empirisch basierende Short Form Health Survey (Ware, Sherbourne 1992) von den Patienten ausgefüllt. 1994 wurde im Rahmen einer Mehrthemenprüfung auch eine Normierung in Deutschland durchgeführt.

Mittlerweile in 20 Sprachen übersetzt, findet der Fragebogen weltweite Anwendung, was die Möglichkeit bietet, nationale und internationale Vergleiche anzustellen. Hinsichtlich der Reliabilität, Validität und Sensitivität wurden exzellente psychometrische Eigenschaften festgestellt (Bullinger et al. 1995).

Dieses Standardinstrument besteht aus 36 Fragen, welche acht Skalen bilden, die jeweils zwei bis zehn Fragen beinhalten.

Die Subskalen stellen acht Gesundheitskonzepte dar (Abb. 10), die erst zusammen ein Profil von Lebensqualität repräsentieren:

1. PF – Physische Funktionsfähigkeit
(gute körperliche Funktionsfähigkeit),
2. RP – Physische Rollenfunktion
(gute körperliche Rollenfunktion),
3. BP – Körperliche Schmerzen
(geringes Ausmaß körperlicher Schmerzen),
4. VT – Vitalität
(hohes Ausmaß an Vitalität),
5. RE – Emotionale Rollenfunktion
(bessere emotionale Rollenfunktion),
6. SF – Soziale Funktionsfähigkeit
(bessere soziale Funktionsfähigkeit),

7. MH – Psychische Gesundheitswahrnehmung
(besseres psychisches Wohlbefinden),
8. GH – Allgemeine Gesundheitswahrnehmung
(gute allgemeine Gesundheitswahrnehmung).

Die Konzepte werden alters- und geschlechtsspezifisch ausgewertet und ergeben letztendlich zwei Summenscores, die physische (PCS) und die psychische Komponentenskala (MSC).

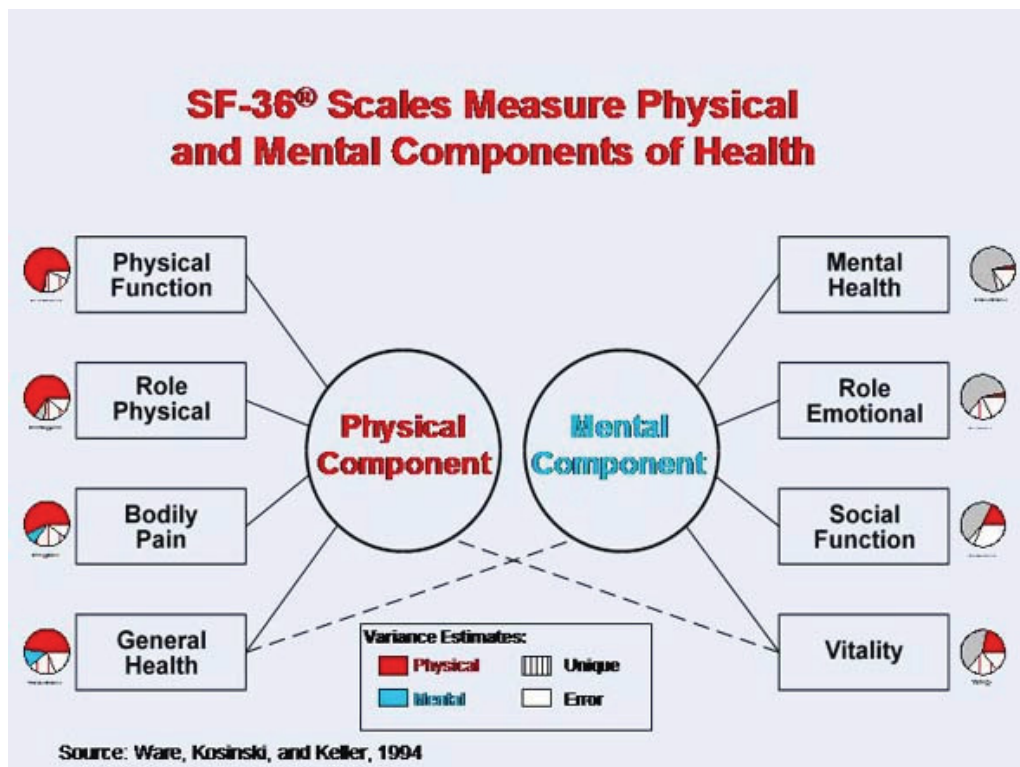


Abb. 10: SF-36 Komponenten (Ware JE, Kosinski M, Keller SK. 1994. SF-36® Physical and Mental Health Summary Scales: A User's Manual. Boston, MA: The Health Institute.)

In der überarbeiteten Version 2.0 des SF-36-Fragebogens werden die erfassten Daten alters-, geschlechts- und regionsspezifisch ausgewertet und auf einen Mittelwert von 50 mit einer Standardabweichung ± 10 transformiert (Bullinger 2000). Dies gewährleistet eine übersichtlichere und einfachere Vergleichbarkeit, weil die Werte in einem Diagramm sinnvoll dargestellt werden können.

4.4.3.2 *Helkimo*

Der Helkimo-Index (Helkimo 1974) als spezifisches Outcome dient zur Erfassung von Beschwerden und Einschränkungen im Kiefergelenk und dafür inwieweit diese Grund für Einengungen im Alltag sind. Deshalb überprüfen wir die Probanden auf das Vorhandensein folgender fünf Symptome:

- verminderte Unterkiefer-Beweglichkeit,
- eingeschränkte Kiefergelenkfunktion,
- Schmerzen im Bereich der Kaumuskulatur,
- Kiefergelenkschmerzen,
- Schmerzen bei Unterkieferbewegungen.

Abhängig von der Ausprägung des jeweiligen Symptoms werden 0-5 Index-Punkte vergeben. Entsprechend der Summe der bei den fünf Untersuchungen erhaltenen Ergebnisse (max. 25 Punkte) wird der Patient einer Dysfunktionsgruppe zugeordnet:

- klinisch symptomfrei (0 Punkte),
- geringe Dysfunktion (1-4 Punkte),
- mäßige Dysfunktion (5-9 Punkte),
- schwere Dysfunktion (10-25 Punkte).

Neben dem „Klinischen Dysfunktions-Index“ (Helkimo-Index) gibt es einen weiteren Helkimo-Fragebogen, ohne Muskelfunktionstest, der sich ausschließlich mit durch craniomandibuläre Dysfunktionen verursachten Einschränkungen im Alltag beschäftigt.

Er besteht aus 12 Fragen (siehe Anhang), die von 1, „keine Beschwerden“, bis 10, „extreme Beschwerden“, beurteilt werden können. Nach Addition der Ergebnisse beschreibt eine Messzahl den Schweregrad einer CMD.

Wir verwendeten in unserer Studie letzteren Fragebogen, da die Muskelfunktionstests bereits akribisch in der funktionellen Untersuchung durchgeführt worden waren.

Außerdem wurde der „Klinische Dysfunktions-Index“ trotz der großen Popularität und der häufigen Anwendung in epidemiologischen und

klinischen Studien hinsichtlich seiner internen und externen Validität sowie seiner allgemeinen Anwendbarkeit von verschiedenen Autoren kritisch beurteilt (Greene & Marbach 1982, van der Weele & Dibbets 1987, Türp & McNamara 1997).

Ein Teil der geäußerten Kritik bezieht sich auf die Tatsache, dass die meisten der im Helkimo-Index aufgeführten Symptome relativ unspezifisch sind. Eine eingeschränkte Unterkieferbewegung kann beispielsweise durch Faktoren bedingt sein, die nicht mit den Kiefergelenken oder den Kaumuskeln im Zusammenhang stehen.

4.4.3.3 *RDC/TMD*

Kaufunktionsstörungen und Gesichtsschmerzen wurden mit dem validierten und international weit verbreiteten System der „Research Diagnostic Criteria For Temporomandibular Disorders“ (RDC/TMD) diagnostiziert, was eine Weiterentwicklung des Helkimo-Fragebogens darstellt.

Die **RDC/TMD** ermöglichen die Klassifizierung der verschiedenen klinischen und subjektiven Befunde zur differenzialdiagnostischen Abgrenzung von Muskel- und Gelenkerkrankungen und untersuchen damit nicht nur die Funktionsstörungen, sondern berücksichtigen besonders die vielfach damit einhergehenden chronischen Schmerzen, die von den Betroffenen als sehr unterschiedlich quälend und das Alltagsleben einschränkend erlebt werden können.

Um den Auswirkungen dieser individuellen Dimension des Schmerzes Rechnung zu tragen, umfasst die Diagnosesystematik neben der Untersuchung der körperlichen Beschwerden (Manuelle Funktionsdiagnostik, Achse I) auch die Abklärung der psychosozialen Tragweite der Erkrankung (Fragebögen, Achse II).

Damit folgen die RDC/TMD einer Methodik, die in anderen medizinischen Disziplinen, die sich mit chronischen Schmerzen befassen (Orthopädie, Neurologie, spezialisierte Schmerztherapie), bereits seit Längerem etabliert ist.

4.5 Statistik

Zunächst wurde eine deskriptive Statistik angefertigt.

Aufgrund der geringen Größe der Stichprobe erfolgte die statistische Aufarbeitung mittels nichtparametrischer Tests. Der Mann-Whitney-U-Test diente zum Vergleich zwischen unverbundenen Stichproben hinsichtlich der Homogenität. Der Wilcoxon-Test (U-Test) für nicht normal verteilte, verbundene Stichproben wurde für Vergleiche innerhalb der Stichprobe benutzt, z.B. für einen Rechts-Links-Vergleich auf Asymmetrieverhalten der untersuchten Muskulaturen.

Die Datenverarbeitung und -auswertung erfolgte mit Hilfe einer zu diesem Zwecke erstellten Maske im Programm SPSS, Version 18.0. Die Irrtumswahrscheinlichkeit P wurde ab einem Signifikanzniveau von 0,05 untersucht.

Zur Beurteilung der Reliabilität der SinfoMed-Messung fand eine Intrasessionauswertung statt. Die Intrasessionreliabilität betrachtet die Übereinstimmung der Messergebnisse innerhalb eines Messtages. Dabei dient der Intraklassen-Korrelations-Koeffizient (ICC) als Maß für den Zusammenhang von Merkmalen innerhalb einer Gruppe (Tab. 2). Der ICC kann einen Wert von 0 bis 1 annehmen. Hierbei wird die geläufige Einteilung nach LANDIS und KOCH (1977) verwendet, deren Graduierung aus folgender Tabelle ersichtlich wird:

ICC	WERTUNG
0-0,2	schlechte Reliabilität
0,21-0,4	geringe Reliabilität
0,41-0,6	mäßige Reliabilität
0,61-0,8	gute Reliabilität
0,81-1,0	ausgezeichnete Reliabilität

Tab. 2: Beurteilung des ICC nach Landis und Koch

Um den Zusammenhang zwischen zwei Größen nachzuweisen, wurde eine Korrelationsanalyse durchgeführt. Dabei geben Korrelationen einen Hinweis darauf, ob zwei statistische Variablen miteinander in Beziehung stehen; sie beschreiben jedoch keine Ursache-Wirkung-Beziehung in die eine oder andere Richtung. Diese statistische Größe kann für negative bzw. gegenläufige Zusammenhänge einen Wert von -1 annehmen und für positive bzw. gleichgerichtete +1 betragen. Der Pearson-Test fand Anwendung für metrische Werte; für ordinale bzw. nominale Skalen wurde der Spearman-Test benutzt.

5 ERGEBNISSE

5.1 Klinische Untersuchung

5.1.1 Allgemeine Statik

Der erste Teil der Untersuchung orientierte sich an dem erstellten standardisierten Funktionsbogen, mit dem zunächst die allgemeine Statik der Testperson einheitlich analysiert wurde. Dazu zählten Angaben zu Schulterhochstand, Beckenrotation, Beckenhochstand etc. und oberem bzw. unterem gekreuzten Syndrom.

Sechs der Probanden wiesen ein oberes und sieben ein unteres gekreuztes Syndrom auf, das heißt eine Existenz von regionalen Syndromen der Muskelschwäche bzw. der mangelnden Muskelverlängerungsfähigkeit.

Bei 13 Probanden lag ein Schulterhochstand vor, davon war der überwiegende Teil von rund 70% linksseitig diagnostiziert worden. Bei der gleichen Anzahl von Getesteten war ein verstrichenes Taillendreieck nachweisbar; auch hier war eine linksseitige Häufung (76,9%) zu erkennen. 12 der 20 Teilnehmer hatten eine Beckenrotation, wovon der größere Teil nach rechts rotierte (66,7%). 40% und damit weniger als die Hälfte aller Untersuchten zeigten einen Beckenhochstand, wiederum war mit einem Wert von 75% eine deutliche Verschiebung nach rechts erkennbar. Ein Skoliose-Überhang trat bei vier und somit weit weniger als der Hälfte der Untersuchten auf. Hierbei ist die Seitenverteilung ausgeglichen. Den gestörten Hacken- bzw. Zehengang wies jeweils nur ein männlicher Teilnehmer der Studie auf. Beim Schobertest ergab die Differenz der beiden Werte von Flexion und Extension 5,9cm, sie lag damit in der angegebenen Normdifferenz von 5-8cm (Schober 1937). Zur Funktionsprüfung der Wirbelsäule diente die Bestimmung des Finger-Boden-Abstands, der in maximaler Vorbeugung bei beidseits voll gestreckten Knien gemessen wird. Es ergab sich ein Mittelwert von 3,9 cm, der im Normbereich liegt (0-9cm; Hätscher et al. 1989) (Tab. 3 und 4).

ALLGEMEINE STATIK				SPEZIELLE DYNAMIK DES KG			
	re.	li.	Σ		re.	li.	Σ
Schulterhochstand	4	9	13	Deviation	8	4	12
Taillendreieck verstrichen	3	10	13	Deflexion	1	2	3
Beckenrotation	8	4	12	Endegefühl fest	4	6	10
Beckenhochstand	6	2	8	Blockierung KG	3	2	5
Skoliose-Überhang	2	2	4	Hyoid fest	3	3	6
Fasciales Screening	1	1	2	Isometrie	0	1	1
			Σ				Σ
ogS			6	Dyskoordination			5
ugS			7				
Hackengang gestört			1				
Zehengang gestört			1				

Tab. 3: Häufigkeiten der Funktionsstörungen der allgemeinen Statik und des Kiefergelenks im Speziellen; n=20

ALLGEMEINE BEWEGUNGSMAUßE (CM)		SPEZIELLE BEWEGUNGEN DES KG (CM)	
Schober	5,9	Overjet	1,7
FBA	3,9	Overbite	2,1

Tab. 4: Mittelwerte der allgemeinen und speziellen Bewegungsmaße des Kiefergelenks in der klinischen Untersuchung; n=20

5.1.2 Bewegungsfunktionsstörungen der Wirbelsäule

Zur weiteren Beurteilung des allgemeinen Gesundheitszustands diente die Überprüfung der Wirbelsäulenbeweglichkeit. Im Halswirbelsäulenbereich lag bei vier Beteiligten eine Flexionseinschränkung vor. Bei drei davon fielen sowohl Funktionsstörungen als auch das gestörte Endegefühl auf, bei dem vierten Probanden war nur ein festes Endegefühl zu ertasten.

Extensionseinschränkungen wiesen 10% der Probanden auf. Die Störungen der Lateralflexion der HWS überwogen auf der rechten Seite mit vier von 20 Testpersonen, die Lateralflexion links war lediglich bei einem Beteiligten auffällig. Ein Proband empfand neben dem vom Arzt diagnostizierten harten Endegefühl einen Schmerz bei der Seitneige nach rechts.

Die Rotationseinschränkungen sind im Bereich der HWS am deutlichsten. Ein Viertel der Untersuchten zeigte Funktionsstörungen in die rechte Bewegungsrichtung, 20% wiesen auf der entgegengesetzten Seite Einschränkungen auf. Auch hier gab eine Testperson Schmerzen bei

gleichzeitig festgestelltem gestörtem Endegefühl während der Rotationsbewegung nach rechts an.

Ein ähnliches Störungsmuster wie bei der HWS wurde im BWS-Abschnitt erkenntlich. Bei 20% der Getesteten wurden Einschränkungen im Flexions-, 10% im Extensionsbereich festgestellt. Die Lateralflexion nach rechts ergab bei zwei Personen Auffälligkeiten, auf der linken Seite waren drei Probanden von Bewegungsfunktionsstörungen und einem ertastbaren Endegefühl betroffen. Die Rotation war, wie auch schon im HWS-Bereich, die Bewegung mit den meisten Einschränkungen. Wiederum 25% hatten auf der rechten Seite Funktionsstörungen, vier Testpersonen betraf dies in die linke Richtung. Es war jedoch kein wiederkehrendes Muster in der Studie erkennbar.

Die Einschränkungen im Bereich der LWS erschienen geringer als bei den zuvor erläuterten Regionen der Wirbelsäule. Für die Flexion (vier Betroffene) sowie die Extension (ein betroffener Proband) ergaben sich ähnliche Werte wie für die HWS und die BWS. Je 20% der Getesteten zeigten sowohl auf der rechten als auch auf der linken Seite Funktionseinschränkungen bei der Lateralflexion. Entgegen den im Halswirbel- und Brustwirbelbereich festgestellten Ergebnissen waren bei der Rotation der LWS die wenigsten Auffälligkeiten, jeweils nur eine betroffene Person, feststellbar. Im ISG-Bereich waren sowohl in der Flexion als auch in der Extension und Lateralflexion in beide Richtungen keine Funktionseinschränkungen zu bemerken, stattdessen waren die Rotationsstörungen im Vergleich zu allen anderen Abschnitten der Wirbelsäule am höchsten. Ein Viertel der Probanden besaß eine Rotationsfunktionsstörung zur rechten Seite, 35% zeigten Auffälligkeiten bei der Rotation nach links, die sich bei drei Getesteten nur in einem hartem Endegefühl, bei den restlichen sieben Personen in einer Vermischung von Funktionseinschränkung und gestörtem Endegefühl widerspiegelte (Tab. 5).

BEWEGUNGSFUNKTIONSTÖRUNGEN DER WIRBELSÄULE					
	HWS	BWS	LWS		ISG
Flexion	4	4	4	Vorlauf Anfang	2
Extension	2	2	1	Vorlauf Ende	1
Laterotrusion re.	4	2	4	Schmerz	0
Laterotrusion li.	1	3	4	Funktionsstörung	8
Rotation re.	5	5	1		
Rotation li.	4	4	1		

Tab. 5: Häufigkeiten der Bewegungsfunktionsstörungen der Wirbelsäule, eingeteilt in HWS, BWS, LWS und ISG;
Ergebnisse der klinischen Untersuchung; n=20

5.1.3 Fasciales Screening (ten-step-test)

Mit Hilfe des ten-step-tests wurde ein fasciales Screening durchgeführt. Zwei der 20 Testpersonen wiesen ein Generalisierungsmuster auf, das sich bei einem Probanden mehr zur linken Seite, bei dem anderen Getesteten zur rechten Seite auswirkte. Bei allen anderen Personen war das myofasciale Screening unauffällig.

5.1.4 Visuelle Analogskala (VAS)

Auf der visuellen Analogskala wurde erwartungsgemäß von keinem Probanden ein regionaler Schmerz im Kieferbereich genannt, da es sich um gesunde Personen ohne bekannte craniomandibuläre Dysfunktionen handelte. Lediglich zwei Personen gaben einen globalen Schmerz an. Bei einer Testperson war die verhältnismäßig hohe Schmerzangabe von 56/100 auf der Visuellen Analogskala mit vorangegangenen sportlichen Belastungen zu erklären, der zweite Wert von 2/100 war vernachlässigungswürdig klein.

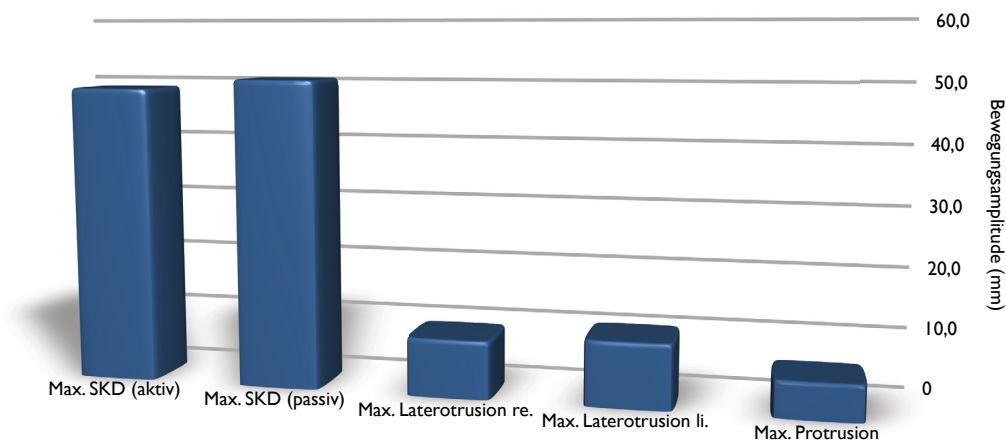
5.1.5 Funktion des Kiefergelenks

In zweiten Teil der ärztlichen Untersuchung wurden Funktion und Dynamik des Kiefergelenks überprüft (Diagr. 1/Tab. 6). Dazu zählten die Messungen der Hauptbewegungsformen des Art. temporomandibularis.

Im Durchschnitt aller Probanden betrug die Schneidekantendistanz (SKD) 48,7mm, bei der Messung des passiven Incisalabstands wurden knapp 2mm mehr erreicht. Mit diesen erzielten Werten war keine Funktionseinschränkung der Bewegung erkennbar.

Die max. Laterotrusionen nach rechts und links unterschieden sich leicht mit durchschnittlich 9,5mm und 10,6mm von der Protrusion, die funktionell bedingt 5,9mm betrug. Bei der Laterotrusion nach rechts war mit 25% der Beteiligten die Rate der Funktionseinschränkungen am höchsten, zwei Personen wiesen ebenfalls Störungen des Bewegungsmusters bei der Laterotrusion nach links auf. Lediglich ein Getesteter zeigte Auffälligkeiten bei der Protrusion.

Kiefergelenkbewegungen (klinisch)



	MAX. SKD (AKTIV)	MAX. SKD (PASSIV)	MAX. LATERO-TRUSION RE.	MAX. LATERO-TRUSION LI.	MAX. PRO-TRUSION
Funktion (mm)	48,7	50,5	9,5	10,6	5,9
funktions-eingeschränkt	0	0	5	2	1

Diagr. 1:

Mittelwerte der Bewegungsausmaße bei spezifischen Bewegungen des Kiefergelenks in der klinischen Untersuchung; n=20

Tab. 6:

Mittelwerte der Bewegungsamplituden (Funktion) bei zuvor festgelegten Bewegungen und Häufigkeiten der Funktionseinschränkungen (FE) des Kiefergelenks bei diesen Bewegungen in der klinischen Untersuchung; n=20

5.1.6 Dynamik des Kiefergelenks

Bei der Dynamik des Art. temporomandibularis wurden zunächst metrische Werte des Overjets und des Overbites ermittelt (Tab.4), Durchschnitt waren für den Overjet 2,1mm und für den Overbite 1,7mm. Durch Betrachtung wurde bei 25% der Probanden eine Dyskoordination des Kiefergelenks festgestellt, mehr als die Hälfte (60%) wies eine Deviation auf, eine Deflexion war bei drei Testpersonen zu erkennen. Die Hälfte aller Getesteten besaß ein festes Endgefühl. Bei $\frac{1}{4}$ der untersuchten Personen konnte eine Blockierung des Kiefergelenks nachgewiesen werden. Ebenfalls wurde bei sechs Probanden festgestellt, dass das Hyoid bewegungseingeschränkt war. Ein isometrischer Spannungsschmerz wurde lediglich bei einer Testperson ermittelt.

5.1.7 Angrenzende Muskulatur

Der letzte Betrachtungsaspekt bezog sich auf die am Kauprozess beteiligte Muskulatur sowie die angrenzenden muskulären Strukturen (Tab. 7). Der M. masseter sowie der M. pterygoideus medialis waren jeweils bei vier, die Suboccipital- bzw. Nackenmuskulatur bei drei und der M. sternocleidomastoideus bei zwei Personen auffällig hyperten. Herausstechend war jedoch der Hypertonus des M. trapezius, der bei 55% der Probanden ertastet werden konnte. Davon wiesen acht der elf Betroffenen einen beidseitigen Hypertonus auf. Alle anderen untersuchten Muskeln – M. temporalis, infra-/suprahyoidale Muskulatur, M. pterygoideus lateralis – blieben ohne festzustellende Besonderheiten bezüglich des Hypertonus.

MUSKULATUR		
	Schmerz	Hypertonus
M. masseter	2	4
M. temporalis	0	0
Suboccip./Nacken-Muskulatur	0	3
M. trapezius	0	11
M. sternocleidomastoideus	0	2
Infrahyoidale Muskulatur	0	0
Suprahyoidale Muskulatur	0	2
M. pterygoideus medialis	0	4
M. pterygoideus lateralis	0	0

Tab. 7: Häufigkeiten von Schmerz- und Hypertonuszuständen der am Kauprozess beteiligten sowie angrenzender Muskulatur; n=20

5.1.8 Pathologisch neurologische Befunde

Die Probanden wurden auf Auffälligkeiten des N. oculomotorius, N. facialis und N. trigeminus überprüft. Die Nervenaustrittspunkte der drei Trigeminus-äste waren nicht schmerzhaft, die Augenbewegung und die Funktion der mimischen Muskulatur intakt. Bicepssehnen-Reflex, Radius-Periost-Reflex, Patellarsehnen-Reflex und Achillsehnen-Reflex waren seitengleich auslösbar.

5.2 Zebris

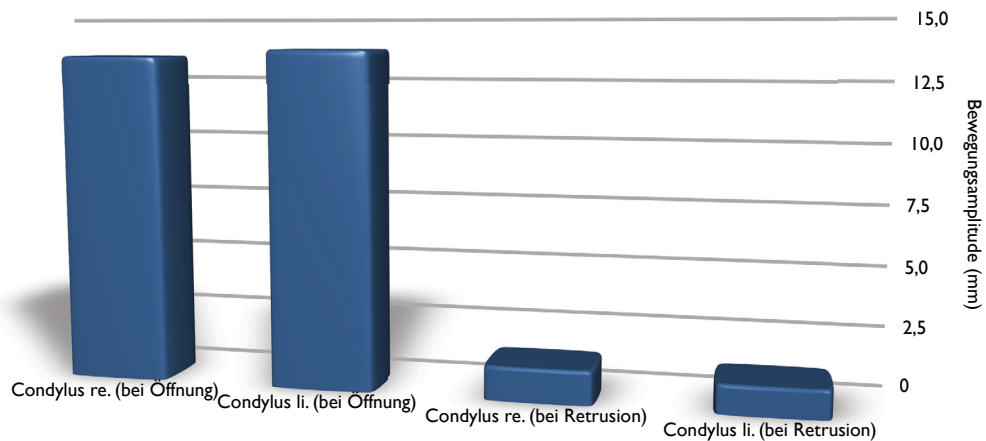
5.2.1 „WinJaw“

Mit Hilfe der Software „**WinJaw**“ (**Zebris**) konnten metrische Daten zu den Condylen- und Incisalbahnen des Kiefergelenks erfasst werden (Diagr. 2 u. 3/Tab. 8 u. 9).

Zunächst wurde die „Range of Motion“ (ROM) des Condylus articularis temporomandibularis bei der Mundöffnung untersucht. Dabei wichen die gemessenen Werte mit 13,5mm auf der rechten und 13,8mm auf der linken Seite nur gering voneinander ab. Bei der Retrusion des Condylus articularis des Kiefers waren die erzielten Bewegungsamplituden mit 1,4mm (rechts) und 1,2mm (links) wesentlich geringer.

Die Verschiebung der Mandibula bei der Laterotrusion wurde mit Hilfe der Incisalpunkte im Ober- und Unterkiefer bestimmt. Nach rechts war eine Verschiebung um 12,2mm zu verzeichnen, auf die linke Seite um 11,1mm. Die Mundöffnung von 49,8mm wurde auf die gleiche Weise ermittelt.

Kiefergelenkbewegungen (Zebris)

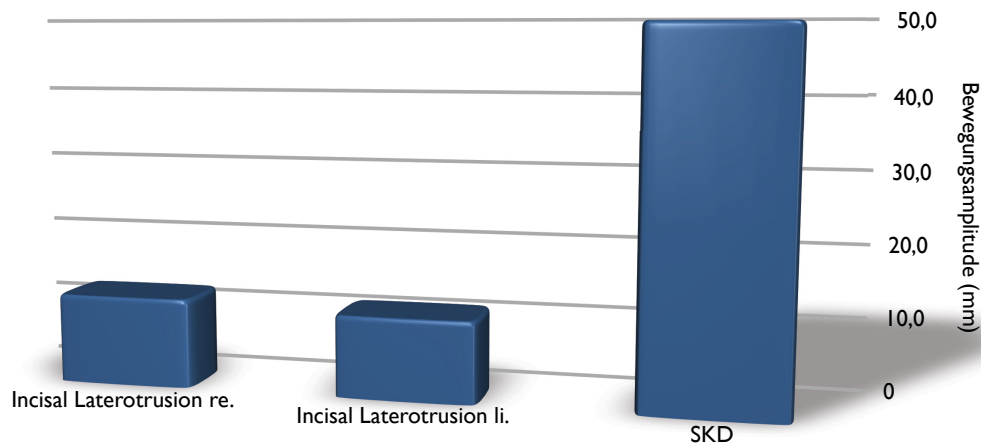


	CONDYLUS RE. ROM (BEI ÖFFNUNG)	CONDYLUS LI. ROM (BEI ÖFFNUNG)	CONDYLUS RE. ROM (BEI RETRUSION)	CONDYLUS LI. ROM (BEI RETRUSION)
MW (mm)	13,5	13,8	1,4	1,2
S_D	3,7	4,1	1,0	1,2

Diagr. 2/Tab. 8:

Mittelwerte des Condylenbewegungsausmaßes des Kiefergelenks; n=20

Incisalbahnen (Zebris)



	INCISAL LATEROTRUSION RE.	INCISAL LATEROTRUSION LI.	SKD
MW (mm)	12,2	11,1	49,8
S_D	2,4	2,3	6,7

Diagr. 3/Tab. 9:

Mittelwerte der Incisalbahnen bei der Laterotrusion des Kiefergelenks sowie bei der Mundöffnung; n=20

Mit Hilfe von **Zebris** konnte außerdem die Dynamik des Kiefergelenks analysiert werden. Nach der Auswertung konnte bei $\frac{1}{4}$ aller Probanden eine Deviation, bei exakt der Hälfte eine Deflexion und bei 30% eine Dyskoordination nachgewiesen werden. Dabei wiesen fünf Getestete keine Störungen auf, dem entgegen waren neun Personen mit einer und sechs Personen mit der Kombination von zwei Störungen zu verzeichnen. Diese Werte sind unabhängig davon, zu welcher Seite die Störungen ausfielen.

5.2.2 „WinSpine“

„**WinSpine**“, eine weitere Teilsoftware von **Zebris**, wurde dazu eingesetzt, die Beweglichkeit der HWS zu überprüfen (Tab. 10 u. 11/Diagr. 4).

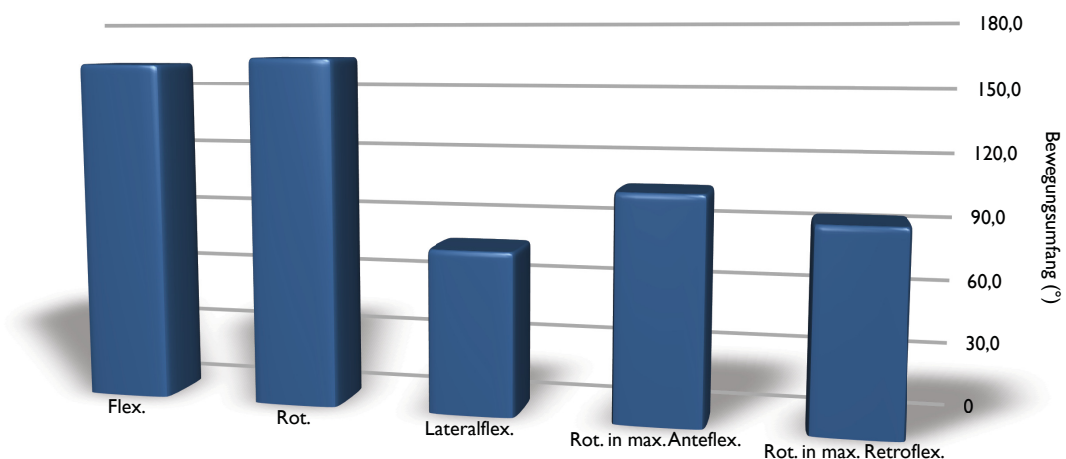
Bei der Anteflexion wurde ein Wert von $79,3^\circ$ und bei der Retroflexion von $82,2^\circ$ erzielt. Dies ergab eine ROM von $161,4^\circ$. Die erhobenen Daten verhielten sich ähnlich wie die für die Rotation. Nach links konnte der Kopf um $84,7^\circ$ und nach rechts um $79,7^\circ$ gedreht werden, was in Summe einen Wert von $164,6^\circ$ ergibt. Niedriger fiel die Beweglichkeit der HWS bei der

Lateralflexion mit einer ROM von 77,1° aus (links: 39,9°; rechts: 37,2°). Ein wenig höher wiederum lagen die ermittelten Werte für die Rotation in maximaler Anteflexion. Dabei war die Rotation zur linken Seite mit 55,9° etwas größer als die Bewegungsreichweite zur rechten Seite mit 49,8° (ROM 105,7°). Zuletzt wurde die Rotation in maximaler Retroflexion überprüft, die durchschnittlich mit 47,9° links, 45,9° rechts und einer ROM von 93,8° leicht geringer war als die zuvor getestete Rotation in maximaler Anteflexion.

		ANTEFLEXION/LI. (°)	RETROFLEXION/RE. (°)	ROM
Ante-/Retroflexion	MW	79,3	82,2	161,4
	S_D	11,2	13,4	15,3
Rotation	MW	84,7	79,9	164,6
	S_D	9,4	7,4	32,2
Lateralflexion	MW	164,6	39,9	204,5
	S_D	8,4	8,1	19,2
Rot. in max. Anteflexion	MW	37,2	77,1	114,3
	S_D	10,6	10,1	15,6
Rot. in max. Retroflexion	MW	55,9	49,8	105,7
	S_D	17,4	15,5	14,0

Tab. 10: Zebris-„WinSpine“ (Ultraschalltopometrie); Ergebnisse als Mittelwerte, differenziert nach Bewegungen, deren Richtung und Bewegungsausmaß (ROM); n=20

HWS-Bewegungen (Zebris)



	FLEXION ROM	ROTATION ROM	LATERAL-FLEXION ROM	ROTATION IN MAX. ANTEFLEXION ROM	ROTATION IN MAX. RETROFLEXION ROM
MW (°)	161,4	164,6	77,1	105,7	93,8
S_D	15,3	32,2	19,2	16	14

Diagr. 4/Tab. 11:

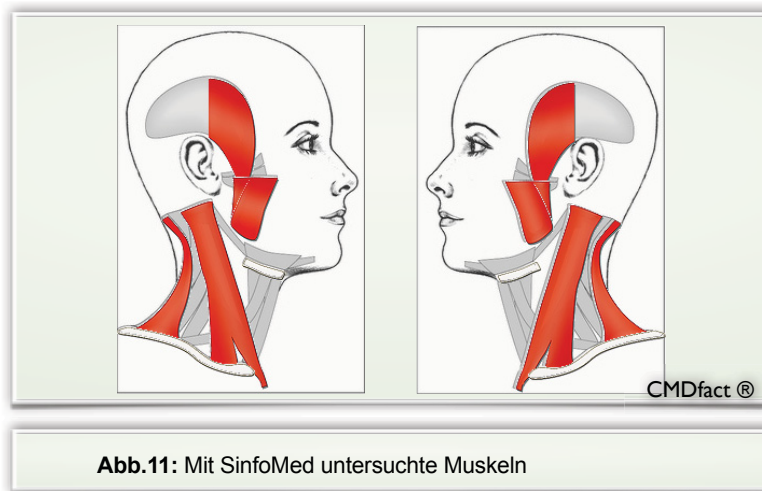
Beweglichkeit der HWS; Mittelwerte des Bewegungsumfanges (ROM) bei zuvor festgelegten Bewegungen der HWS; n=20

5.3 SinfoMed

5.3.1 Ergebnisse der SinfoMed-Untersuchungen

	M. TPA			M. MAS			M. SCM			M. TS		
	μV			μV			μV			μV		
	RE.	LI.		RE.	LI.		RE.	LI.		RE.	LI.	
Max. Kontraktion	MW	111,5	98,2	81,3	100,8		11,6	9,1		19,5	15,5	
	M	110,5	91,2	70,8	91,2		7,5	8,1		10,1	9,3	
	S_D	52,6	48,0	40,1	61,3		12,1	5,5		21,1	16,2	
Laterotrusion re.	MW	18,3	6,5	16,9	14,5		24,6	12,7		20,1	16,5	
	M	13,7	5,2	9,4	14,8		10,5	9,5		14,0	11,5	
	S_D	17,4	3,7	15,0	8,1		23,7	10,7		19,7	14,2	
Laterotrusion li.	MW	10,9	12,5	11,6	13,5		12,9	21,5		19,6	15,0	
	M	6,5	9,4	12,2	11,6		9,6	13,7		11,7	11,2	
	S_D	12,6	8,1	6,8	7,4		11,6	35,1		20,7	12,8	
Protrusion	MW	11,6	8,5	20,6	26,3		11,3	8,4		18,8	16,4	
	M	5,9	6,8	20,4	25,6		8,1	6,7		11,7	16,5	
	S_D	11,4	5,6	13,5	16,4		10,2	5,2		18,7	14,9	
Posselt sagittal	MW	21,6	16,4	22,1	25,8		29,0	35,7		15,1	12,5	
	M	15,6	13,5	17,4	21,4		20,9	21,3		9,6	6,9	
	S_D	15,2	10,7	14,1	16,1		24,1	39,7		15,6	11,9	
Posselt frontal	MW	18,5	12,1	19,2	24,5		30,6	25,4		17,9	13,0	
	M	13,3	8,6	17,8	19,2		20,4	17,0		13,4	10,9	
	S_D	12,9	9,7	12,8	17,8		27,3	22,1		19,4	8,9	
Öffnen/Schließen	MW	18,5	12,4	18,8	20,0		37,1	42,0		20,6	15,6	
	M	13,2	10,9	15,2	19,9		29,1	35,1		11,5	10,1	
	S_D	18,9	7,5	9,1	10,1		35,5	42,8		22,2	15,8	

Tab. 12: EMG-Amplituden, differenziert nach getesteten Bewegungen und untersuchten Muskelgruppen; n=20



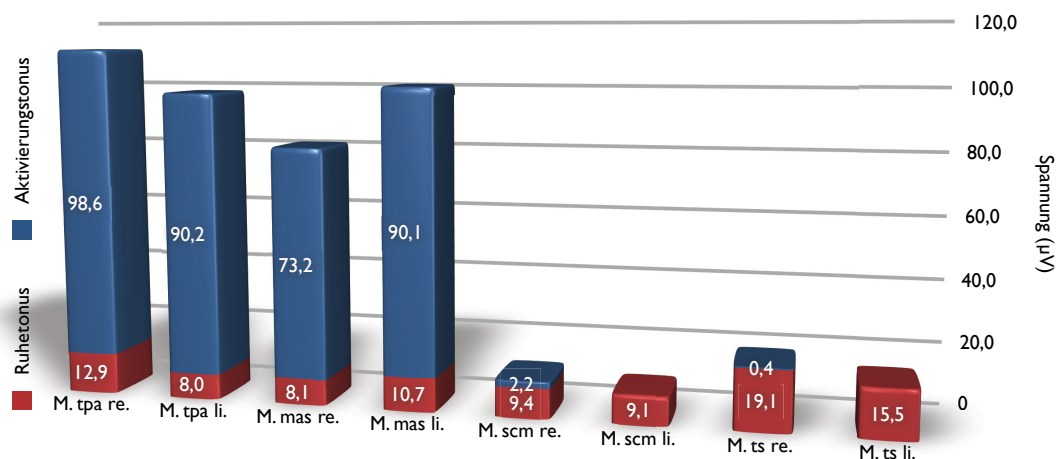
Um einen Anhaltspunkt zu erhalten, ab wann eine Aktivierung der einzelnen Muskeln bei verschiedenen Durchführungen vorliegt, wurde zunächst ein Basismittelwert aller Probanden im nicht aktivierten Zustand bestimmt. Dieser Wert wurde der ersten durchgeführten Bewegung der maximalen Kontraktion entnommen, um die Gefahr einer Ermüdung der Muskeln zu umgehen. Durch diesen Versuch wurde sichtbar, dass die Ruhelevel dreier Muskeln, des M. temporalis anterior (rechts: 12,9 μ V; links: 8,0 μ V), des M. masseter (rechts: 8,1 μ V; links: 10,7 μ V) und des M. sternocleidomastoideus (rechts: 9,4 μ V; links: 9,2 μ V), mit einer Differenz zwischen kleinster und größter Spannung von nur 4,9 μ V und Werten um 10 μ V nahe beieinander lagen, der M. trapezius descendens jedoch mit Grundleveldurchschnittswerten von 19,1 μ V rechts und 17,9 μ V links eine um fast 100% höhere Ausgangsschwelle besaß.

Schematische Abbildungen der bei der jeweiligen Bewegung aktivierten Muskeln wurden erstellt, damit eine Aktivierung für den Betrachter besser ersichtlich wird. Für die Farbwahl wurden drei Abstufungen getroffen: Eine Aktivierung unter 3 μ V wurde nicht beachtet, Spannungen zwischen 3 μ V und 10 μ V wurden rosa gekennzeichnet und Muskeln mit Werten über 10 μ V rot dargestellt.

Der Tab. 12 sind die Ergebnisse der SinfoMed-Untersuchung zu entnehmen. Bei der ersten ausgeführten Bewegung wurde die Spannung der untersuchten Muskulatur bei maximaler Kontraktion gemessen (Diagr. 5/Tab. 13/Abb. 12). Dabei waren der M. temporalis anterior rechts mit 111,5 μ V und

links mit 98,2 μ V sowie der M. masseter (rechts: 81,3 μ V; links: 100,8 μ V) die stark kontrahierenden Muskeln, während der M. sternocleidomastoideus mit Werten von 11,6 μ V (rechts) und 9,1 μ V (links) und der M. trapezius descendens mit einer gemessenen Spannung von 19,5 μ V (rechts) und 15,5 μ V (links) gerade einmal leicht über bzw. sogar leicht unter dem ermittelten Ruhe- bzw. Ausgangslevel lagen.

Max. Kontraktion (SinfoMed)



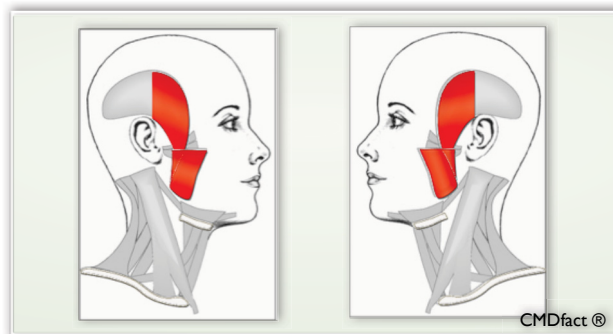
	M. TPA RE.	M. TPA LI.	M. MAS RE.	M. MAS LI.	M. SCM RE.	M. SCM LI.	M. TS RE.	M. TS LI.
MW (μ V)	111,5	98,2	81,3	100,8	11,6	9,1	19,5	15,5
S _D	52,6	48,0	40,1	61	12	6	21	16

Diagr. 5/Tab. 13:

Mittelwerte der Spannung der untersuchten Muskeln bei der maximalen Kontraktion; n=20

Abb. 12:

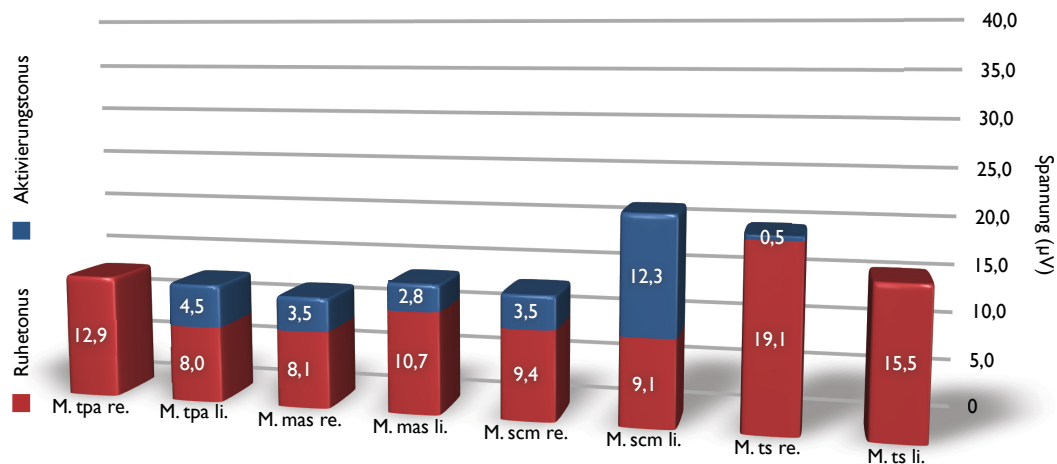
Schematische Darstellung der angesteuerten Muskeln bei der maximalen Kontraktion



Die Laterotrusion nach links (Diagr. 6/Tab. 14/Abb. 13) zeigte hauptsächlich eine Aktivierung des M. sternocleidomastoideus, jedoch war hier die Tendenz eines Unterschiedes zwischen der rechten (12,9 μ V) und der linken Seite (21,5 μ V) zu finden. Mit kaum mehr als 10 μ V waren die Werte des M. temporalis anterior und des M. masseter vernachlässigungswürdig klein.

Dies traf mit Spannungen unter $20\mu\text{V}$ ebenfalls für den M. trapezius descendens zu.

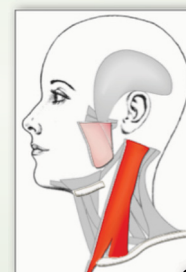
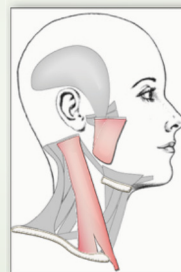
Laterotrusion links (SinfoMed)



	M. TPA RE.	M. TPA LI.	M. MAS RE.	M. MAS LI.	M. SCM RE.	M. SCM LI.	M. TS RE.	M. TS LI.
MW (μV)	10,9	12,5	11,6	13,5	12,9	21,5	19,6	15,0
S _D	± 12,6	± 8,1	± 6,8	± 7,4	± 11,6	± 35,1	± 20,7	± 12,8

Diagr. 6/Tab. 14:
Mittelwerte der Spannung
der untersuchten Muskeln
bei der Laterotrusion links; n=20

Abb. 13:
Schematische Darstellung
der angesteuerten Muskeln
bei der Laterotrusion links



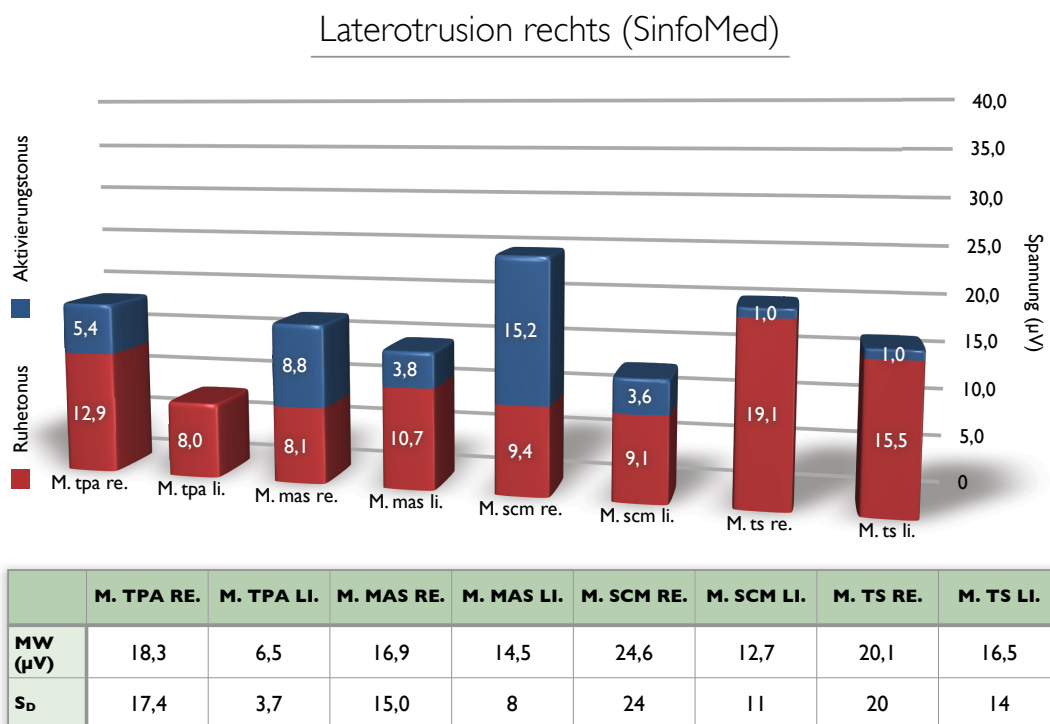
CMDfact®

Ein ähnliches Bild ergab sich für die Laterotrusion nach rechts (Diagr. 7/Tab. 15/Abb. 14). Auch hier wurde die größte Spannung durch den M. sternocleidomastoideus rechts mit $24,6\mu\text{V}$ erzielt, jedoch war statistisch signifikant ein Symmetrieunterschied zwischen den verschiedenen Seiten zu erkennen ($0,044^*$; siehe Tab. 20, S.67), da die linke Seite mit $12,7\mu\text{V}$ nur knapp über dem Ruhewert dieses Muskels von $9,1\mu\text{V}$ lag.

Der M. temporalis anterior ist differenziert zu betrachten. Mit einem Spannungswert von $6,5\mu\text{V}$ auf der linken Seite lag er unter der festgesetzten Basismittelwertgrenze und wurde dementsprechend nicht aktiviert. Beim

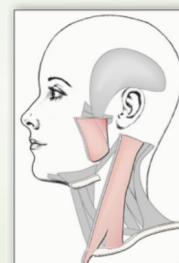
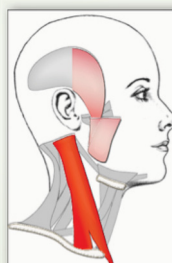
rechten M. temporalis anterior hingegen war mit 18,5 μ V eine Aktivierung zu verzeichnen. Hierbei ist eine Asymmetrie zwischen der rechten und der linken Seite statistisch signifikant nachweisbar (0,000***; siehe Tab. 20, S. 67).

Der M. masseter erzielte, obwohl die gleiche Bewegung lediglich in die entgegengesetzte Richtung ausgeführt wurde, höhere Werte mit 16,9 μ V (rechts) und 14,5 μ V (links). Man kann deshalb von einer gering vorhandenen Aktivierung dieses Muskels sprechen. Im Diagr. 8 (Boxplot 1 u. 2) wird ersichtlich, dass die Streuung des M. masseter jedoch (insbesondere rechts) sehr groß ist.

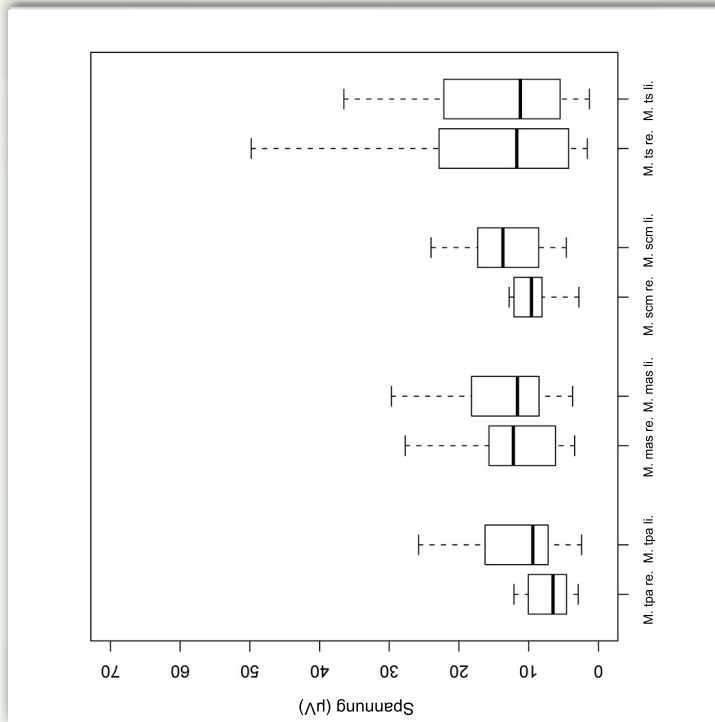
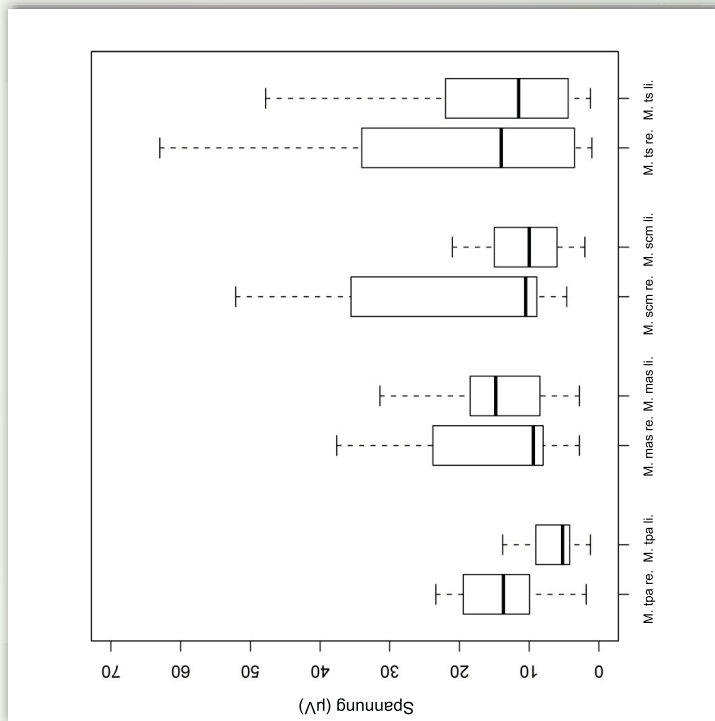


Diagr. 7/Tab. 15:
Mittelwerte der Spannung
der untersuchten Muskeln
bei der Laterotrusion rechts; n=20

Abb. 14:
Schematische Darstellung
der angesteuerten Muskeln
bei der Laterotrusion rechts



CMDfact®



Diagr. 8:

Boxplot 1:

M. temporalis anterior rechts/ links, M. masseter rechts/ links, M. sternocleidomastoideus rechts/ links und

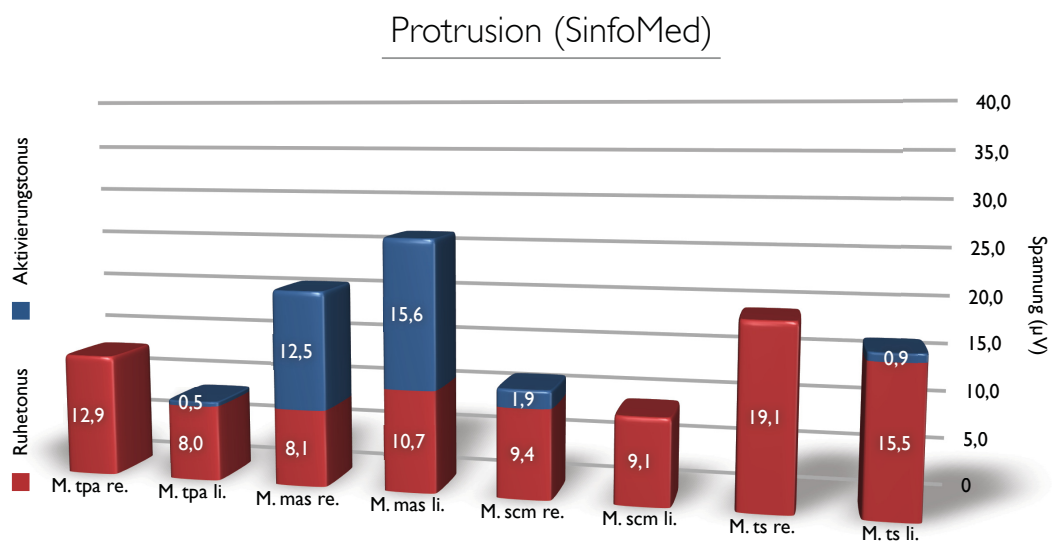
M. trapezius descendens rechts/ links bei der Laterotrusion rechts; n=20

Boxplot 2:

M. temporalis anterior rechts/ links, M. masseter rechts/ links, M. sternocleidomastoideus rechts/ links und

M. trapezius descendens rechts/ links bei der Laterotrusion links; n=20

Eine weitere getestete, isolierte Bewegung stellte die Protrusion dar (Diagr. 9/Tab. 16/Abb. 15). Mit 20,6 μ V (rechts) und 26,3 μ V (links) wurde eine Aktivierung des M. masseter mit einer Steigerung von über 100% im Vergleich zu den gemessenen Ruhelevels sichtbar. Alle anderen Muskeln blieben auf dem Niveau der Basismittelwerte.



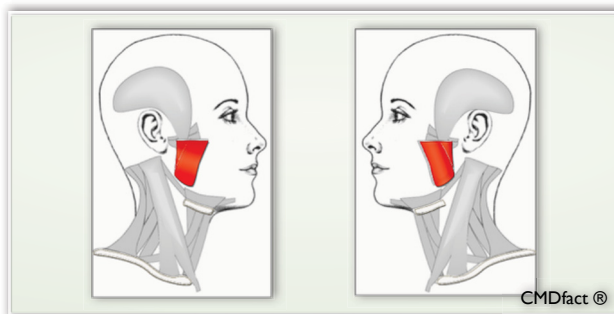
	M. TPA RE.	M. TPA LI.	M. MAS RE.	M. MAS LI.	M. SCM RE.	M. SCM LI.	M. TS RE.	M. TS LI.
MW (μ V)	11,6	8,5	20,6	26,3	11,3	8,4	18,8	16,4
S _D	11,4	5,6	13,5	16	10	5	19	15

Diagr. 9/Tab. 16:

Mittelwerte der Spannung der untersuchten Muskeln bei der Protrusion; n=20

Abb. 15:

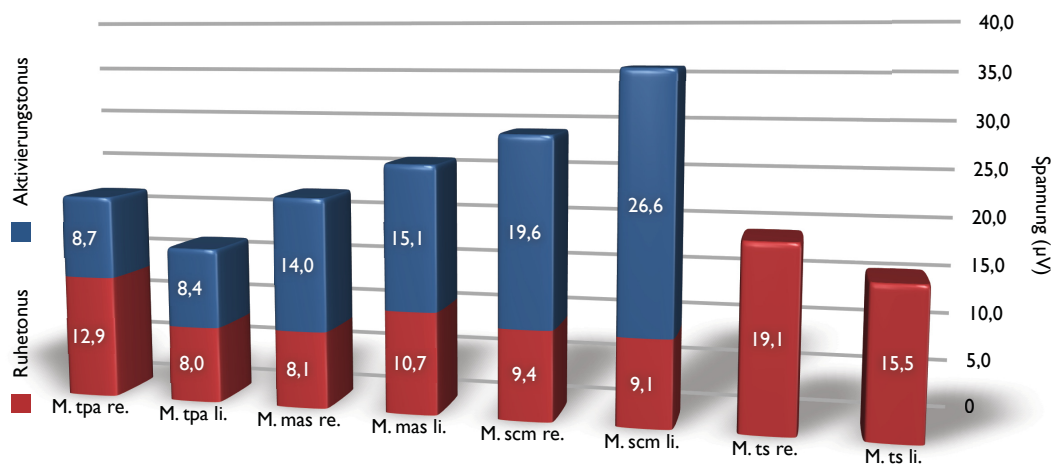
Schematische Darstellung der angesteuerten Muskeln bei der Protrusion



Als typische Bewegungsmuster wurden Posselt sagittal (Diagr. 10/Tab. 17/Abb. 16) und frontal (Diagr. 11/Tab. 18/Abb. 17) untersucht. Bei der Bewegung Posselt sagittal zeigten sich Werte für den M. temporalis anterior von 21,6 μ V auf der rechten und 16,4 μ V auf der linken Seite ab. Der M. masseter erreichte Spannungen von 22,1 μ V (rechts) und 25,8 μ V (links). Der aktivste Muskel bei dieser Bewegung war mit 29,0 μ V rechts und 35,7 μ V links der M. sternocleidomastoideus.

Bei Posselt frontal erreichte der M. temporalis anterior rechts 18,5 μV und links 12,1 μV – hier konnte wiederum ein signifikanter Seitenunterschied nachgewiesen werden (0,025*; siehe Tab. 20, S.67) – der M. masseter kam auf 19,2 μV (rechts) und 24,5 μV (links). Auch hier war der M. sternocleidomastoideus der am stärksten aktivierte Muskel (rechts: 30,6 μV ; links: 25,4 μV).

Posselt sagittal (SinfoMed)



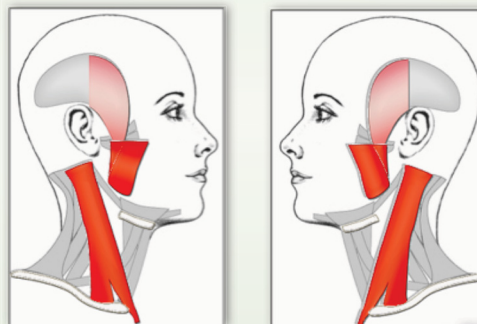
	M. TPA RE.	M. TPA LI.	M. MAS RE.	M. MAS LI.	M. SCM RE.	M. SCM LI.	M. TS RE.	M. TS LI.
MW (μV)	21,6	16,4	22,1	25,8	29,0	35,7	15,1	12,5
S _D	15,2	10,7	14,1	16	24	40	16	12

Diagr. 10/Tab. 17:

Mittelwerte der Spannung der untersuchten Muskeln bei der Bewegung Posselt sagittal; n=20

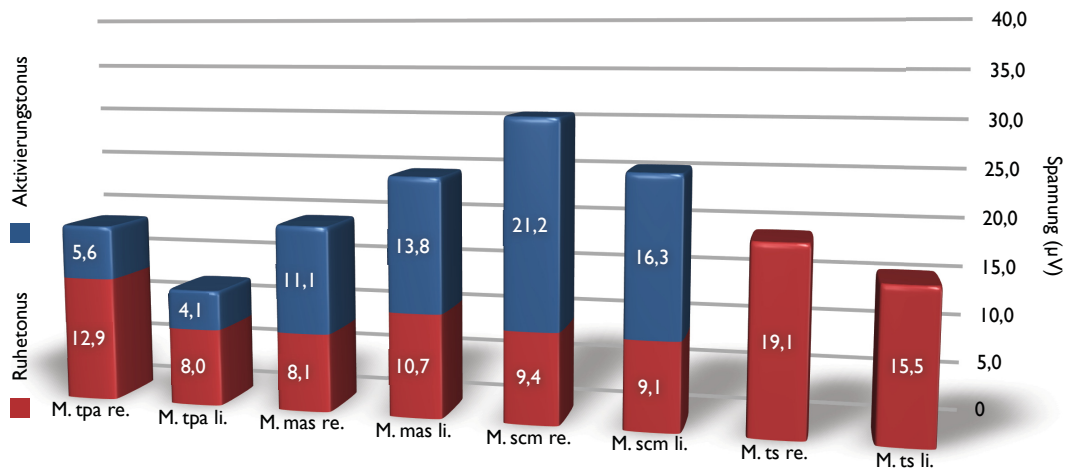
Abb. 16:

Schematische Darstellung der angesteuerten Muskeln bei der Bewegung Posselt sagittal



CMDfact®

Posselt frontal (SinfoMed)



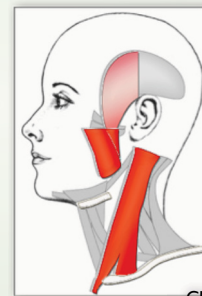
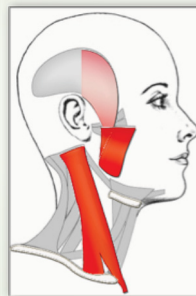
	M. TPA RE.	M. TPA LI.	M. MAS RE.	M. MAS LI.	M. SCM RE.	M. SCM LI.	M. TS RE.	M. TS LI.
MW (µV)	18,5	12,1	19,2	24,5	30,6	25,4	17,9	13,0
S _D	12,9	9,7	12,8	18	27	22	19	9

Diagr. 11/Tab. 18:

Mittelwerte der Spannung der untersuchten Muskeln bei der Bewegung Posselt frontal; n=20

Abb. 17:

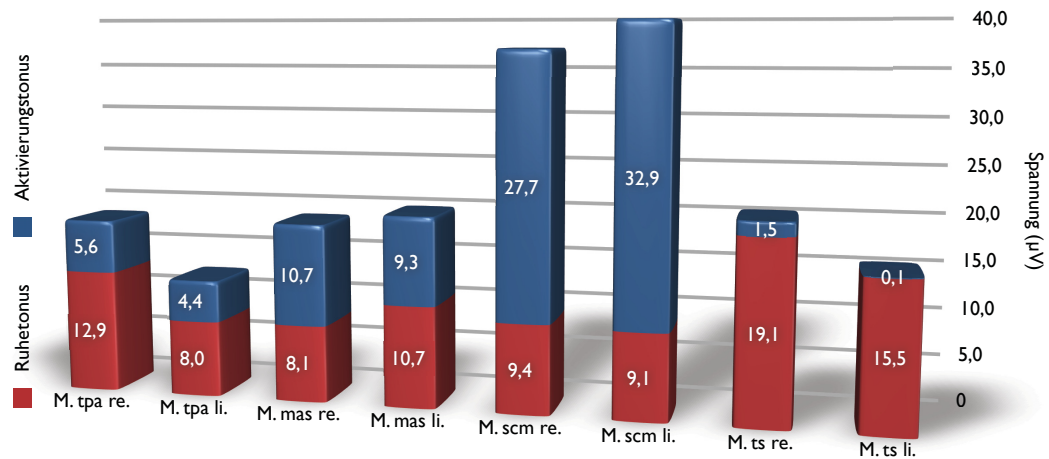
Schematische Darstellung der angesteuerten Muskeln bei der Bewegung Posselt frontal



CMDfact®

Abschließend wurde mit dem Öffnen/Schließen eine weitere Funktionsbewegung getestet (Diagr. 12/Tab. 19/Abb. 18). Der M. temporalis anterior zeigte Spannungen von 18,5µV (rechts) und 12,4µV (links); der M. masseter erreichte Werte von 18,8µV auf der rechten und 20,0µV auf der linken Seite. Mit 37,1µV (rechts) und 42,0µV (links) ist der M. sternocleidomastoideus der Muskel mit der höchsten Aktivierung. Der M. trapezius descendens ist abermals vernachlässigungswürdig mit Werten nahe dem Ruhelevel.

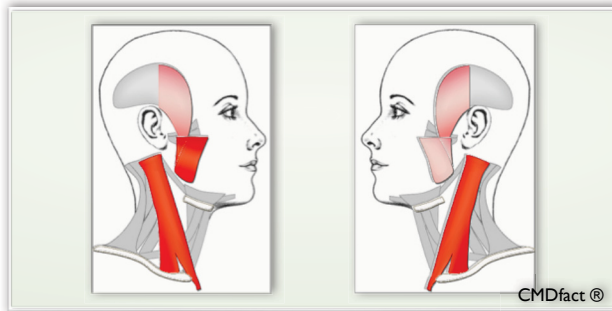
Abduktion/Adduktion (SinfoMed)



	M. TPA RE.	M. TPA LI.	M. MAS RE.	M. MAS LI.	M. SCM RE.	M. SCM LI.	M. TS RE.	M. TS LI.
MW (µV)	18,5	12,4	18,8	20,0	37,1	42,0	20,6	15,6
SD	18,9	7,5	9,1	10	36	43	22	16

Diagr. 12/Tab. 19:
Mittelwerte der Spannung
der untersuchten Muskeln
bei der Abduktion/Adduktion; n=20

Abb. 18:
Schematische Darstellung
der angesteuerten Muskeln
bei der Abduktion/Adduktion



	M. TPA	M. MAS	M. SCM	M. TS
Max. Kontraktion	0,108	0,067	0,514	0,823
Laterotrusion re.	0,000***	0,747	0,044*	0,588
Laterotrusion li.	0,079	0,563	0,117	0,681
Protrusion	0,808	0,093	0,779	0,702
Posselt sagittal	0,218	0,167	0,955	0,658
Posselt frontal	0,025*	0,093	0,296	0,478
Öffnen/Schließen	0,778	0,673	0,198	0,571

Tab. 20: Statistischer Rechts- Links-Vergleich (U-Test) auf Asymmetrieverhalten der untersuchten Muskeln; n=20

Mit Hilfe des Intraklassen-Korrelations-Koeffizienten (ICC) wurde die Reliabilität der nacheinander durchgeführten SinfoMed-Messungen beurteilt. Dabei ergaben sich durchgehend ausgezeichnete Reliabilitätswerte (siehe Tab. 21 und 22), da alle Ergebnisse in der nach LANDIS und KOCH (1977) geläufigen Einteilung zwischen 0,8 und 1,0 liegen. Der M. trapezius descendens weist mit Werten zwischen 0,98 und 1,0 die besten Intrasessionreliabilitätsergebnisse auf.

5.4 Outcomes

5.4.1 SF-36

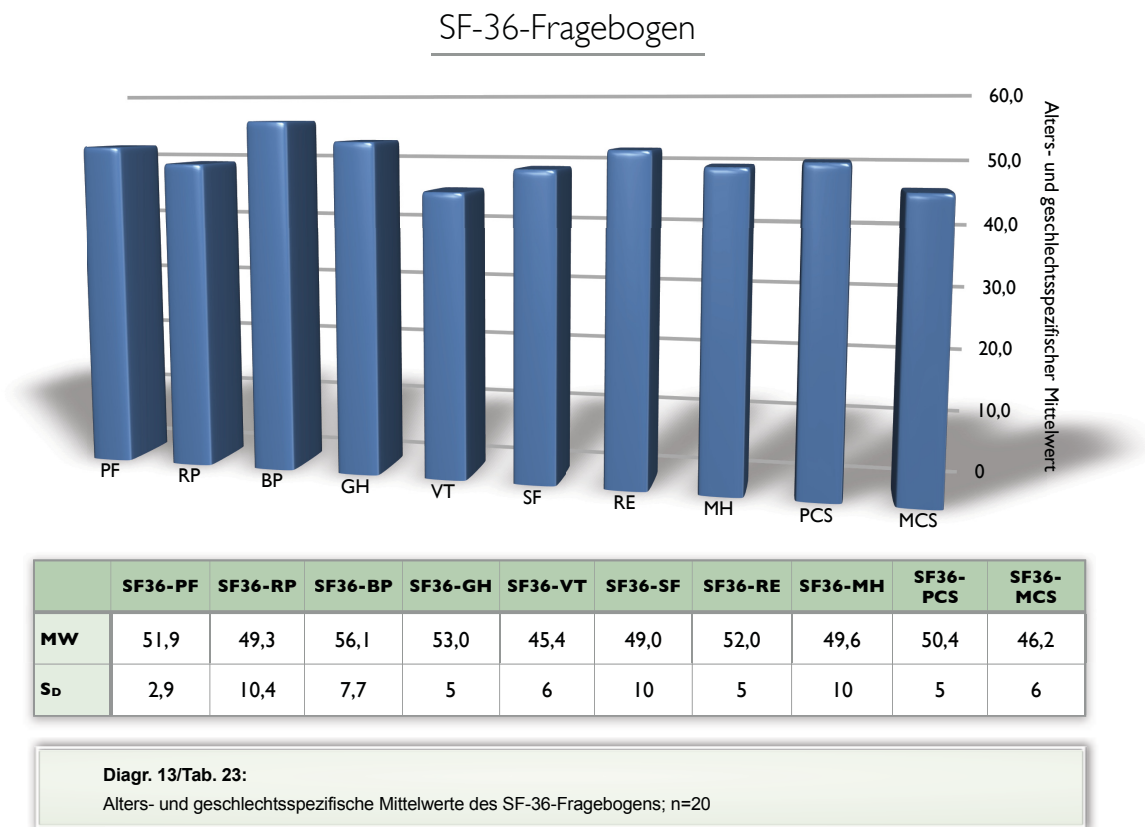
Der *Medical Outcome Study Short-Form (SF-36) Health Survey* ist eines der weltweit am meisten verwendeten generischen Profilinstrumente zur Beurteilung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Er wurde für zahlreiche nationale Grundpopulationen evaluiert und erfasst sowohl physische und psychische als auch soziale Aspekte des Gesundheitszustands eines Patienten.

Die aufgenommenen Daten werden aus acht Subskalen zusammengefasst und auf einen Mittelwert von 50 (± 10) transformiert.

Die physische Funktionsfähigkeit (PF) ist ein Maß für die körperliche Gesundheit. Mit einem arithmetischen Mittel von 51,9 ($\pm 2,9$) liegt bei unseren Probanden ein leicht überdurchschnittlicher Wert vor, der einer guten körperlichen Funktionsfähigkeit entspricht. Im Bereich der physischen Rollenfunktion wurde mit 49,3 ($\pm 10,4$) ein Ergebnis leicht unter der Norm von 50 erzielt. In der Skala „bodily pain“ weist ein über dem Durchschnitt liegender Wert von 56,1 ($\pm 7,7$) auf ein geringes Maß an körperlichen Schmerzen hin. Das trifft auch auf die allgemeine Gesundheitswahrnehmung (GH) zu, die mit 53,0 ($\pm 5,1$) ebenfalls den Schnitt übersteigt. Mit 45,4 ($\pm 6,1$) zeigt die Vitalität ein leicht verringertes Ausmaß der Lebenskraft an, jedoch ist auch hier alles im Normbereich anzutreffen.

Gleichermaßen weicht die soziale Funktionsfähigkeit (SF) mit 49,0 ($\pm 10,0$) wie die emotionelle Rollenfunktion (RE) 52,0 ($\pm 4,8$) kaum von dem validierten Bezugswert ab. Die psychische Gesundheitswahrnehmung (MH)

bewegt sich mit 49,6 ($\pm 10,0$) um das Mittelmaß von 50 und liegt somit gleichfalls im Durchschnitt eines gesunden psychischen Wohlbefindens. Diese aufgeführten Skalen werden bei der Auswertung des SF-36-Fragebogens zu zwei Summenscores zusammengefasst. Dabei ergibt sich für die physische Komponentenskala (PCS) ein leicht über dem Mittel liegender Wert von 50,4 ($\pm 4,9$) und für die psychische Komponentenskala (MCS) eine nicht wesentlich verringerte Größe von 46,2 ($\pm 6,4$). Alle genannten Werte sind in Diagr. 13/ Tab. 23 dargestellt.



5.4.2 Helkimo und TMD

Die Befragung nach Helkimo sowie der TMD-Fragebogen sind krankheits-spezifische Outcomes, die CMD-assoziierte Störungen beschreiben. Sie zeigen mögliche Einschränkungen im Alltag durch CMD auf. Erzielbar waren jeweils Werte zwischen 12 und 120, wobei 12 den bestmöglichen und 120 den schlechtesten Zustand darstellt. Für die Probanden ergab sich für den Helkimo-Fragebogen ein Mittelwert von 21,8 ($\pm 19,3$) und für das TMD-Outcome 15,3 ($\pm 9,8$).

5.5 Korrelationen

5.5.1 Korrelationen zwischen klinischer Funktionsanalyse und Zebris

Wir untersuchten die Zusammenhänge zwischen der klinischen Funktionsanalytik und dem Zebris-Messverfahren bei zuvor ausgewählten Bewegungen (Tab. 24).

Die zu vergleichenden Bewegungen waren die maximale Mundöffnung sowie die Laterotrusion nach links und nach rechts.

Bei der maximalen Mundöffnung konnte eine Korrelation von 0,765 signifikant nachgewiesen werden, was einen positiven Zusammenhang zwischen klinischer und apparativer Messung ausdrückt.

Auch bei der Laterotrusion nach rechts bestätigte sich eine signifikante Beziehung mit einem Korrelationswert von 0,679. Das trifft ebenfalls für die Laterotrusion nach links mit einem Ergebnis von 0,439 zu, jedoch konnte hier keine Signifikanz (0,053) aufgezeigt werden.

		KLINISCHE UNTERSUCHUNG		
		MAX. MUNDÖFFNUNG	LATEROTRUSION RE.	LATEROTRUSION LI.
Zebris	Max. Mundöffnung	0,726***		
	Laterotrusion re.		0,679***	
	Laterotrusion li.			0,439 (n.s.)

Tab. 24: Korrelationen zwischen klinischer Funktionsanalyse und Zebris bei max. Mundöffnung sowie Laterotrusion re./li.; n=20

Zu beurteilen ist, inwieweit klinische Untersuchungsergebnisse der Mundöffnungsbahnen mit den apparativ von Zebris erhobenen Daten übereinstimmen (Tab. 25). Dabei fanden wir für die Dyskoordination eine Korrelation von 0,733, für die Deviation von 0,834 und für die Deflexion von 0,770. Alle Mundöffnungsbewegungen korrelieren auf höchst signifikantem Niveau.

		KLINISCHE UNTERSUCHUNG		
		DYSKOORDINATION	DEVIATION	DEFLEXION
Zebris	Dyskoordination	0,733***		
	Deviation		0,834***	
	Deflexion			0,770***

Tab. 25: Korrelationen zwischen klinischer Funktionsanalyse und Zebris bei Beurteilung der Mundöffnungsbahnen; n=20

Außerdem wurden die Ergebnisse der klinischen Analytik der HWS-Diagnostik durch Zebris gegenübergestellt.

Dabei wurden die Ante- und Retroflexion, die Seitneige rechts/links sowie die Rotation nach rechts und nach links getestet, wobei festzustellen ist, dass das mit Zebris ermittelte Funktionsausmaß überraschenderweise nicht mit der allgemeinen Funktion korreliert.

5.5.2 Korrelationen zwischen klinischer Funktionsanalyse und den Outcomes

Um ein Maß für den Zusammenhang zwischen der klinischen Untersuchung und den von den Probanden ausgefüllten Fragebögen zu erhalten, wurden die Mundöffnung und die Laterotrusion rechts/links mit den Outcomes Helkimo, TMD und SF-36 verglichen. Bei allen Tests konnte kein Zusammenhang festgestellt werden. Somit korreliert die Funktionsanalytik weder mit der im SF-36-Fragebogen getesteten Lebensqualität noch mit Einschränkungen im Alltag, die durch eine CMD hervorgerufen werden können

5.5.3 Korrelationen zwischen Zebris und den Outcomes

Es besteht ein statistisch bedeutsamer Zusammenhang zwischen den Messdaten der HWS und den Ergebnissen der spezifischen Gesundheits-einschätzung der Probanden (Tab. 26).

Die Probanden hatten bei der Anteflexion kaum Bewegungseinschränkungen und daher auch keine Auffälligkeiten in der Gesundheitsbewertung, was mit ICC-Werten $> 0,60$ gut reliabel ist.

Demgegenüber besteht kein statistisch nachweisbarer Zusammenhang zwischen den Untersuchungsergebnissen der Retroflexion und der Bewertung der spezifischen Outcome-Auswertung.

	ZEBRIS HWS-ANALYSE	
	ANTEFLEXION	RETROFLEXION
Score Helkimo	-0,687***	-0,070 (n.s.)
Score TMD	-0,606**	-0,131 (n.s.)

Tab. 26: Korrelationen zwischen Zebri-Messungen der HWS-Beweglichkeit und den Outcomes (Helkimo und TMD); n=20

5.5.4 Korrelationen zwischen Zebri-Messungen der HWS und des Kiefergelenks (Mundöffnung)

Unseren Messungen zufolge wurde kein Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der apparativen Messung der HWS und des Kiefergelenks ermittelt, weder in der Anteflexion noch in der Retroflexion oder Rotation. Alle Korrelationswerte liegen unter 0,2 (Tab. 27).

Eine eingeschränkte Mundöffnung hat also keine Auswirkungen auf die HWS-Beweglichkeit und eine funktionelle Störung der HWS beeinflusst nicht den Abduktionsmechanismus der Mandibula.

		ZEBRIS		
		ANTEFLEXION	RETROFLEXION	ROTATION (ROM)
Zebri	Max. Mundöffnung	0,194	-0,190	0,030

Tab. 27: Korrelationen zwischen den Zebri-Messungen der HWS-Beweglichkeit und der max. Mundöffnung; n=20

5.6 Klinische Untersuchung an Patienten

5.6.1 Allgemeine Statik

Um die Anwendbarkeit des CMD-Fragebogens zu überprüfen, wurden die bereits an Probanden getesteten klinischen Untersuchungen ebenfalls an Patienten durchgeführt.

12 der 20 getesteten Patienten wiesen ein oberes und fünf ein unteres gekreuztes Syndrom auf. Auch ein Schulterhochstand konnte bei 12 Teilnehmern diagnostiziert werden, wobei dieser mit rund 67% vermehrt linksseitig auftrat. Bei zehn Personen lag ein verstrichenes Taillendreieck vor, auch hier war eine linksseitige Häufung (60%) zu erkennen. Neun Patienten hatten eine Beckenrotation, dabei rotierte der größere Anteil mit acht von neun Personen nach rechts. 35% und damit weniger als die Hälfte aller Untersuchten zeigten einen Beckenhochstand, der sich vor allem auf der linken Seite manifestierte (rund 86%). Ein Skoliose-Überhang trat bei 16 und somit weit mehr als der Hälfte der Untersuchten auf. Hierbei ist mit 94% eine eindeutige Häufung auf der rechten Seite erkennbar. Der gestörte Hacken- bzw. Zehengang wurde bei keinem der Teilnehmer dieser Studie diagnostiziert.

Beim Schobertest ergab die Differenz der beiden Werte von Flexion und Extension 4,6cm, sie liegt damit leicht unter der von SCHOBER (1937) angegebenen Normaldifferenz von 5-8cm. Der Mittelwert des FBA zur Funktionsprüfung der Wirbelsäule betrug 2,4cm. Damit befindet er sich im Normbereich (0- 9cm; Hätscher et al. 1989) (Tab. 28 und 29).

ALLGEMEINE STATIK				SPEZIELLE DYNAMIK DES KG			
	re.	li.	Σ		re.	li.	Σ
Schulterhochstand	4	8	12				
Taillendreieck verstrichen	4	6	10	Deflexion	1	2	3
Beckenrotation	8	1	9	Endegefühl fest	3	3	6
Beckenhochstand	1	6	7	Blockierung KG	3	2	5
Skoliose-Überhang	15	1	16	Hyoid fest	8	4	12
Fasciales Screening	2	5	7	Isometrie	4	0	4
			Σ				Σ
ogS			12	Dyskoordination			6
ugS			5				
Hackengang gestört			0				
Zehengang gestört			0				

Tab. 28: Häufigkeiten der Funktionsstörungen der allgemeinen Statik und des Kiefergelenks im Speziellen bei Patienten; n=20

ALLGEMEINE BEWEGUNGSMAUßE (CM)		SPEZIELLE BEWEGUNGEN DES KG (CM)	
Schober	4,6	Overjet	1,3
FBA	2,4	Overbite	1,7

Tab. 29: Mittelwerte der allgemeinen und speziellen Bewegungsmaße des Kiefergelenks in der klinischen Untersuchung bei Patienten; n=20

5.6.2 Bewegungsfunktionsstörungen der Wirbelsäule

Im HWS-Bereich lagen bei vier Patienten Flexionseinschränkungen vor. Eine Einschränkung der Extension hatten 12 der Beteiligten, die damit die auffälligste Störung im Halswirbelsäulenabschnitt war.

Beeinträchtigungen der Lateralflexion der HWS traten sowohl links als auch rechts bei jeweils acht Getesteten auf. Auch für die Rotationsbewegung nach rechts wurde bei acht der 20 Teilnehmer eine Funktionsstörung diagnostiziert, fünf waren es für die entgegengesetzte Seite.

Im BWS-Abschnitt wurden mit 35% der Getesteten vermehrt – im Vergleich zur HWS – Einschränkungen im Flexionsbereich festgestellt. Bei der Extension der BWS zeigten sich wiederum bei 60% der Patienten Funktionsstörungen. Die Lateralflexion nach rechts ergab bei drei Personen Auffälligkeiten, auf der linken Seite war lediglich ein Patient von Bewegungsfunktionsstörungen betroffen. Ein Störungsmuster bei der

Rotationsbewegung nach rechts konnte bei 25%, zur linken Seite bei 20% der Getesteten aufgezeigt werden.

Die Einschränkungen im Bereich der LWS erschienen – wie auch bei den Probanden – geringer als bei den zuvor erläuterten Regionen der Wirbelsäule. Für die Flexion (ein Betroffener) sowie die Extension (sechs betroffene Patienten) ergaben sich deutlich geringere Werte als für die HWS und die BWS. 20% der Getesteten zeigten auf der rechten und 40% auf der linken Seite Funktionseinschränkungen bei der Lateralflexion. Entgegen den im Halswirbel- und Brustwirbelbereich festgestellten Ergebnissen waren bei der Rotation der LWS die wenigsten Auffälligkeiten, nach rechts waren zwei und nach links vier Personen betroffen.

Im Vergleich zu den Probanden war im ISG-Bereich eine hohe Anzahl von Einschränkungen zu diagnostizieren. Bei 11 Patienten und damit mehr als der Hälfte der Getesteten konnten Funktionsstörungen registriert werden, dabei trat bei fünf Personen gleichzeitig ein Schmerz auf. Weitere Parameter zum ISG können der Tab. 30 entnommen werden.

BEWEGUNGSFUNKTIONSSTÖRUNGEN DER WIRBELSÄULE					
	HWS	BWS	LWS		ISG
Flexion	4	7	1	Vorlauf Anfang	9
Extension	12	12	6	Vorlauf Ende	2
Laterotrusion re.	8	3	4	Schmerz	5
Laterotrusion li.	8	1	8	Funktionsstörung	11
Rotation re.	8	5	2		
Rotation li.	5	4	4		

Tab. 30: Häufigkeiten der Bewegungsfunktionsstörungen der Wirbelsäule, eingeteilt in HWS, BWS, LWS und ISG;
Ergebnisse der klinischen Untersuchung bei Patienten; n=20

5.6.3 Fasciales Screening (ten-step-test)

Mit Hilfe des ten-step-tests wurde ein fasciales Screening durchgeführt. Im Fall der Patienten konnte bei sieben der 20 Getesteten ein Generalisierungsmuster nachgewiesen werden, das sich bei zwei Personen zur rechten und bei fünf Personen zur linken Seite auswirkte (Tab. 28).

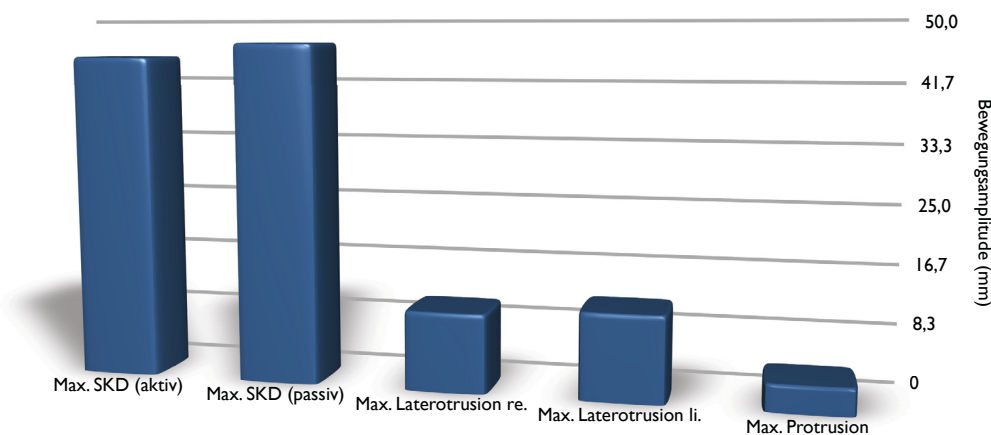
5.6.4 Funktion des Kiefergelenks

In einem zweiten Teil der ärztlichen Untersuchung wurden Funktion und Dynamik des Kiefergelenks überprüft (Diagr. 14/Tab. 31).

Im Durchschnitt aller Probanden betrug die Schneidekantendistanz (SKD) 45mm, bei der Messung des passiven Incisalabstands wurden 2mm mehr erreicht. Diese erzielten Werte belegen, dass keine Funktionseinschränkung der Mundöffnungsbewegung bestand.

Die max. Laterotrusionen nach rechts und links betrugen durchschnittlich 11mm und 12mm. Damit heben sie sich deutlich von der Protrusion ab, die funktionell bedingt lediglich 3,8mm betrug. Bei der maximalen Schneidekantendistanz war mit 4 Beteiligten (3 Personen bei der aktiven und eine Person bei der passiven Mundöffnung) die Rate der Funktionseinschränkungen am höchsten. Zwei Personen wiesen ebenfalls Störungen des Bewegungsmusters bei der Laterotrusion nach rechts auf, nach links gab es keine Auffälligkeiten. Lediglich ein Getesteter zeigte – wie auch schon bei den untersuchten Probanden – Auffälligkeiten bei der Protrusion.

Kiefergelenkbewegungen (klinisch)



	MAX. SKD (AKTIV)	MAX. SKD (PASSIV)	MAX. LATERO-TRUSION RE.	MAX. LATERO-TRUSION LI.	MAX. PRO-TRUSION
Funktion (mm)	45,0	47,0	11,0	12,0	3,8
funktions-eingeschränkt	3	1	2	0	1

Diagr. 14:

Mittelwerte der Bewegungsausmaße bei spezifischen Bewegungen des Kiefergelenks in der klinischen Untersuchung bei Patienten; n=20

Tab. 31:

Mittelwerte der Bewegungsamplituden (Funktion) bei zuvor festgelegten Bewegungen und Häufigkeiten der Funktionseinschränkungen (FE) des Kiefergelenks bei diesen Bewegungen in der klinischen Untersuchung bei Patienten; n=20

5.6.5 Dynamik des Kiefergelenks

Bei der Dynamik des Art. temporomandibularis wurden zunächst metrische Werte des Overjets und des Overbites ermittelt (Tab. 29). Durchschnittlich waren es 1,3mm für den Overjet und 1,7mm für den Overbite. Durch visuelle Betrachtung wurde bei 30% der Probanden eine Dyskoordination des Kiefergelenks festgestellt, eine Deflexion war – wie bereits bei den untersuchten Probanden – bei drei Testpersonen zu erkennen. Sechs Patienten besaßen ein festes Endegefühl, wobei dieses zu gleichen Teilen links wie rechts auftrat. Bei $\frac{1}{4}$ der untersuchten Personen konnte eine Blockierung des Kiefergelenks nachgewiesen werden und bei mehr als der Hälfte (60%) wurde festgestellt, dass das Hyoid bewegungseingeschränkt war. Ein isometrischer Spannungsschmerz wurde bei vier Testpersonen ermittelt.

5.6.6 Angrenzende Muskulatur

Der letzte Betrachtungsaspekt des Funktionsbogens bezog sich auf die am Kauprozess beteiligte Muskulatur sowie die angrenzenden muskulären Strukturen. Markant ist hier – im Vergleich zu den Probanden – die hohe Anzahl an Schmerz- und Hypertonuszuständen. Der M. masseter sowie der M. trapezius stechen als markanteste Muskeln hervor. Sowohl hohe Schmerzempfindlichkeit als auch Hypertonuszustände dieser beiden Muskeln waren jeweils bei mehr als der Hälfte aller Patienten zu verzeichnen (genaue Werte siehe Tab. 32). Außerdem war der M. temporalis auffällig, der bei acht Getesteten Schmerzen verursachte sowie bei 12 Personen einen erhöhten Tonus hatte und somit nur knapp hinter den erstgenannten Muskeln zurückbleibt. Drastische Änderungen im Vergleich zu den Probanden werden auch bei der Suboccipital-/ Nackenmuskulatur deutlich: Ein Viertel aller Patienten litt unter Schmerzen und 50% der Untersuchten hatten muskuläre Hypertonuszustände in diesem Abschnitt. In ähnlichen Bereichen bewegt sich auch der M. sternocleidomastoideus, der ebenfalls bei einem Viertel der Testpersonen schmerzvoll und bei acht der 20 Patienten hyperton war.

Knapp weniger als die Hälfte aller Getesteten zeigte Schmerz- und Hypertonuszustände in den restlichen getesteten Muskelgruppen (infra- und suprahyale Muskulatur, M. pterygoideus medialis und lateralis), die der Tab. 32 zu entnehmen sind.

MUSKULATUR		
	Schmerz	Hypertonus
M. masseter	11	13
M. temporalis	8	12
Suboccip./Nacken-Muskulatur	5	10
M. trapezius	10	14
M. sternocleidomastoideus	5	8
Infrahyoidale Muskulatur	2	7
Suprahyoidale Muskulatur	4	7
M. pterygoideus medialis	8	8
M. pterygoideus lateralis	5	2

Tab. 32: Häufigkeiten von Schmerz- und Hypertonuszuständen der am Kauprozess beteiligten sowie der angrenzenden Muskulatur bei Patienten; n=20

6 DISKUSSION

6.1 Erarbeitung des Funktionsbogens und Diskussion der klinischen Untersuchung

Zusammenhänge zwischen Funktionsstörungen des Kausystems und anderen Organen, speziell der HWS, werden in der Literatur schon seit Längerem beschrieben. Die Kenntnis von dieser Verknüpfung hat sich aber bislang kaum in die tägliche Behandlungspraxis durchgesetzt. Tatsächlich finden sich in der einschlägigen Literatur zahlreiche Publikationen, die Funktionsstörungen des Kauorgans als Ursache für HWS-Probleme beschreiben, wie auch solche, die HWS-Probleme als Ursache für craniomandibuläre Dysfunktionen angeben. Es besteht also ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen CMD- und HWS-Erkrankungen. Die Existenz dieser Wechselbeziehungen ist mittlerweile durch eine derartig große Anzahl von Studien belegt, dass der Zusammenhang als gesichert angesehen werden kann (Bernhöft & Klammt 1988; Blood 1986; Clark et al. 1987; dos Santos et al. 1989; Franks 1968; Haberfellner 1981; Kirveskari et al. 1988; Kopp et al. 1989; de Laat et al. 1998; Lotzmann 1991; Lotzmann & Steinberg 1993a, 1993b; Nicolakis et al. 1998; Ridder 1998; Seedorf et al. 1999; Treuenfels 1985).

Gleiche Aussagekraft haben Studien, die den klinischen Zusammenhang zwischen Lendenwirbelsäule und CMD betreffen. Die kinematische Verkettung der Kiefer- und Kopfgelenkregion mit der gesamten Wirbelsäule setzt sich über die Iliosacralgelenke und das Becken bis in die unteren Extremitäten fort. Dabei wirkt möglicherweise der M. longissimus mit seinem Verlauf von Ilium und Sakrum bis zum Processus mastoideus als Vermittler von funktionellen Störungen zwischen den Kopfgelenken und dem Becken (Neuhuber 2005b).

Einer Studie von FISCHER et al. (2009) zufolge nimmt die pathologische Spannung in der Becken-Hüft-Region ab, sobald Kiefergelenkfehlfunktionen behandelt werden. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass bei CMD-Untersuchungen auch Spannungsphänomene im Beckenbereich beachtet

werden müssen. Aus diesem Grund wurden Parameter wie Becken-
hochstand und Beckenrotation in den Untersuchungsbogen aufgenommen.
Eine Studie von OHLENDORF et al. (2008) zeigt, dass bei experimentell
provozierter Erhöhung eines Beines statistisch belegbar eine Veränderung
der Condylenposition der ipsilateralen Körperseite festzustellen ist. Es konnte
nachgewiesen werden, dass sich die Condylenposition umso mehr
verändert, je stärker die Erhöhung und folglich desto größer die
Beinlängendifferenz ist. Auch OHLENDORF et al. kommen zu dem Schluss,
dass ein ganzheitliches, funktionsorientiertes Screening notwendig ist,
anstatt nur die Okklusion bzw. die Funktion des Kiefergelenks zu behandeln.

Um die Zusammenhänge von Wirbelsäule, Hüft- und Beckenstellung mit
CMD-Problematiken in die tägliche Praxis zu übernehmen und zu verbinden,
wurde dementsprechend eine orientierende Untersuchung der Wirbelsäule
und ihrer funktionellen Anatomie in unseren Funktionsbogen aufgenommen.
Untersuchungen zum ogS und ugS wurden ebenfalls beachtet, weil nach
STIBENZ (2004) 70% seiner untersuchten Patienten ein ogS/ugS aufzeigten.
Somit muss in einem CMD-Fragebogen abgeklärt werden, ob ein Patient
diese Fehlhaltung hat. Jedoch stellte sich heraus, dass diese Syndrome auch
bei Probanden mit einer Häufigkeit von 30% (ogS)/35% (ugS) auftreten, was
bedeutet, dass dieses Syndrom allein keine Aussagekraft in Bezug auf eine
CMD hat, sondern lediglich in Kombination zu sehen ist.

Zur Einschätzung der Gesamtmobilität von Wirbelsäule, Hüfte und Becken
wurde der FBA in den Untersuchungsbogen aufgenommen. Der von uns
ermittelte Wert von 3,9cm liegt nach einer Untersuchung von HÄTSCHER et
al. (1989) im Normbereich (0-9cm) für Wirbelsäulengesunde. Dabei ist die
Aussagekraft jedoch nicht nur von der Art und Weise der Messung abhängig,
auch verschiedene Einzelbewegungen haben Einfluss auf die Größe des
FBA. Neben der Wirbelbewegung spielen eine eingeschränkte Hüftgelenk-
beweglichkeit, die Stellung der Kniegelenke, die Dehnbarkeit des M.
quadriceps femoris sowie die Haltung der Schultern eine Rolle (Buchalter et
al. 1989). Der FBA entspricht damit eher einem Funktionsindex als einem
Bewegungsfunktionsmaß der Wirbelsäulenbewegung und eignet sich nicht
als einzelnes Bewertungskriterium der Mobilität der Wirbelsäule. Er kann

jedoch zur Einschätzung der Bewegungsverbesserung genutzt werden. Es gilt, in weiteren Studien mit Patienten festzustellen, ob eine Verbesserung des FBA eine signifikante Aussagekraft bei der Therapieverlaufsbeurteilung von CMD findet.

Zur Beurteilung der Wirbelsäulenbeweglichkeit diene außerdem das Maß nach SCHOBER. Bei maximaler Vorbeuge weichen die Hautmarken um 4-6cm auseinander, bei maximaler Rückbeuge verringert sich der Abstand um 1-2cm (Schober 1937). Der von uns ermittelte Wert von 5,9cm setzt sich als Summe aus gemessenen Flexions- und Retroflexionsabständen zusammen. Somit liegen unsere Probanden auch hier im Normbereich.

Der ten-step-test gibt Auskunft, ob sich Spannungsphänomene generalisiert auf eine Körperhälfte beschränken. Auch wenn der Körper keine Spannungsphänomene aufweisen sollte, da sie als Kompensationsmechanismus gegen Fehlstellungen zu deuten sind, sind diese bei nahezu jedem gesunden Menschen zu finden. Erst eine einseitige Häufung ist pathologisch.

An dieser Stelle sei jedoch anzumerken, dass diese manualmedizinischen Untersuchungen – wie der ten-step-test – nur sinnvoll sind, wenn sie von geübten Untersuchern durchgeführt werden, da die Seitenunterschiede äußerst gering sein können. Aussagen zu Validität und Reliabilität sind aufgrund fehlender Studien bzw. Literatur nur schwer zu treffen.

Gleiches trifft auch auf die Feststellung von Schmerz- und Hypertonuszuständen sowie Bewegungseinschränkungen mit z.B. gestörtem Endegefühl der Muskulatur zu. So sollte der untersuchende Arzt zumindest nicht während des Untersuchungsverlaufs eines Patienten wechseln.

Mit Hilfe der visuellen Analogskala (VAS) wurde das subjektive Schmerzempfinden der Probanden ermittelt. Um Einflüsse des gesamten Körpers in Bezug auf CMD-Erkrankungen einbeziehen zu können, wurde nicht nur der regionale Schmerz im Kieferbereich aufgenommen, sondern auch nach dem globalen Schmerz gefragt. Der Vorteil der Einteilung liegt in der Lokalisierung und Dokumentation von Schmerz und der Differenzierung, ob eine Schmerzursache unmittelbar im Kauorgan oder z.B. aufgrund einer

Dekompensation in der Körperstatik zu finden ist. Diese Unterteilung wird außerdem unternommen, um ggf. nachzuweisen, dass ein globaler Schmerz in keinem Zusammenhang mit Kiefergelenkfehlfunktionen stehen muss. Andersherum können auch Schmerzen im Kiefer auftreten, ohne dass sie sich auf den Bewegungsapparat auswirken müssen. Auch diese Aussagen sollten in einer weiterführenden Studie mit CMD-Patienten authentifiziert werden.

„Die VAS wird allgemein als gutes Mittel anerkannt, um die Intensität des Schmerzes abzuschätzen“ (Bijur et al. 2001). Dabei kann nach SAX (2009) eine geringe Compliance der Patienten ein Nachteil der VAS und somit Fehlerquelle sein.



Universitätsklinikum Jena



Medizinische Fakultät
Institut für Physiotherapie
Zertifiziert nach DIN EN ISO 9001:2008
Direktor: Prof. Dr. med. U.C. Smolenski
Erlanger Allee 101
07740 Jena
Tel.: 03641/9-32 52 01
Fax.: 03641/9-32 52 02

CMD Funktionsbogen I

1. Allgemeine Statik ☒

oberes gekreuztes Syndrom ☐ ja ☐ nein
unteres gekreuztes Syndrom ☐ ja ☐ nein

Isometrie	Rotation	Seitneige	Anteflexion
	re. li.	re. li.	re. li.
HWS	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
BWS	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>	<input type="radio"/> <input type="radio"/>

re. li.

Schulterhochstand ☐ ☐

Taillendreieck verstrichen ☐ ☐

Beckenrotation ☐ ☐

Beckenhochstand ☐ ☐

Hackengang gestört ☐ ☐

Zehengang gestört ☐ ☐

Skoliose-Überhang ☐ ☐

Schober

Fingerbodenabstand

cm

2. Bewegungsfunktionsstörungen ☒

Flexion ☐ ja ☐ nein
Extension ☐ ja ☐ nein
Lateralflexion re. ☐ ja ☐ nein
Lateralflexion li. ☐ ja ☐ nein
Rotation re. ☐ ja ☐ nein
Rotation li. ☐ ja ☐ nein

HWS	BWS	LWS
Fkt. Schm.	Fkt. Schm.	Fkt. Schm.
<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein

ISG

re. li.

Vorlauf Anfang ☐ ☐

Vorlauf Ende ☐ ☐

Schmerz ☐ ☐

Funktionsstörung ☐ ☐

3. Fasciales Screening ☒ (ten-step-test)

re. li. nicht beurteilbar

Beintraktion ☐ ☐ ☐

Leg turn in ☐ ☐ ☐

Rock Test ☐ ☐ ☐

Thoraxtranslation ☐ ☐ ☐

Thoraxkompression von unten ☐ ☐ ☐

Thoraxkompression von oben ☐ ☐ ☐

Armtraktion ☐ ☐ ☐

Unterarmpronation ☐ ☐ ☐

Halstranslation ☐ ☐ ☐

Halsextension ☐ ☐ ☐

4. visuelle Analogskala ☒

0 5 10

regionaler Schmerz im Kiefer

0 5 10

globaler Schmerz

Fkt. = passive Funktion; Schm. = Schmerz;

Nachdem die allgemeine Körperstatik mit ihrer Auswirkung auf CMD im ersten Teil des Funktionsbogens genauer erörtert wurde, dient der zweite Teil des Untersuchungsbogens der Einschätzung des Kauapparates in seiner Funktion, Dynamik und muskulärer Struktur. Die Überprüfung der Unterkieferbewegungen ist für eine Beurteilung des Ausmaßes der mandibulären Funktionsstörung und später bei Patienten als Orientierung über den Behandlungsfortschritt nützlich. Dabei geben Abweichungen vom normalen Öffnungsmuster Hinweise auf Lokalisation und Ausmaß der CMD sowie die anzustrebenden Behandlungsziele (Ash 2006).

Laut LEHMANN & HELLWIG (2005) sowie OTT et al. (2003) beträgt der Normwert für die Schneidekantendistanz (SKD) bei maximaler Mundöffnung 40-50mm. Mit einem Abstand von 48,7mm liegen die getesteten Probanden im oberen Abschnitt dieses Standardmaßes.

Als Normwerte für die Protrusion und Laterotrusion werden nach BAUER & GUTOWSKI (1975) 7-10mm angegeben. Bei unseren Probanden wurden mit 9,5mm (Laterotrusion rechts) und 10,6mm (Laterotrusion links) Werte im Rahmen dieser Normierung und leicht darüber hinausgehend erzielt. Mit einem Protrusionsweg von 5,9mm von der habituellen Interkuspitation bis zur maximalen Protrusionsstellung wurde ein leicht verringerter Abstand festgestellt, jedoch gab keiner der Untersuchten eine pathologische Einschränkung an.

Zur Abschätzung der Dynamik des Kiefergelenks wurden zunächst der horizontale Überbiss (Overjet) und die sagittale Stufe (Overbite) durch den untersuchenden Arzt bestimmt. KAHL-NIEKE (2010) beschreibt, dass sowohl der Overjet als auch der Overbite 2-3mm nicht überschreiten sollten. Unsere Probanden wiesen demnach mit 1,7mm einen durchschnittlich leicht unter dem Normwert liegenden Overjet auf. Der Overbite lag mit 2,1mm im Normalbereich.

Des Weiteren wurde das Öffnungsmuster untersucht, indem die Abweichung von einer geradlinigen Öffnungsbewegung sowohl notiert als auch in ein Schema eingezeichnet wurde, um nachvollziehen zu können, an welcher Position der Verlauf vom ursprünglichen variiert. Dabei können Seitabweichungen wie Deviation und Deflexion in Verbindung mit Dyskoordinationen auftreten. Wie bereits im Ergebnisteil formuliert, zeigten 60%

unserer getesteten Probanden eine Deviation, 15% eine Deflexion und 25% eine Dyskoordination. In unserem untersuchten Probandenkollektiv wiesen nur 10% median verlaufende Incisalbahnen auf. Alle anderen Personen zeigten die genannten Abweichungen und dennoch sind diese Auffälligkeiten nicht von klinischer Relevanz. Dies bestätigt auch BEST (2010).

Mehrere Autoren konnten nachweisen, dass auch bei Gesunden Funktionsstörungen bestehen können. Angeführt werden hier beispielsweise Knackgeräusche im Bereich der Kiefergelenke und Kopfschmerzen oder eingeschränkte Mundöffnung, Geräusche im Bereich der Kiefergelenke, Deviationen und Schmerzen (Wänman & Agerberg 1986). KOPP et al. Untersuchungen an Kindern (Kopp et al. 2002a) und Jugendlichen (Kopp et al. 2002b) kommen zu ähnlichen Ergebnissen.

Die Resultate der Muskeluntersuchung hinsichtlich Spannung und Triggerpunkten zeigen, dass auch bei klinisch intakter Muskulatur Störungen zu finden sind. RICHTER & HEBGEN beschreiben dieses Phänomen in ihrem Buch über „Triggerpunkte und Muskelfunktionsketten“ (Richter & Hebgen 2007).

Gemäß unserem Funktionsbogen wurden Druckschmerz und Hypertonus der mit dem Kauorgan in Verbindung stehenden Muskulatur überprüft. Dabei konnten insbesondere Hypertonuszustände im Bereich des M. trapezius descendens (55% Probanden) gehäuft festgestellt werden. Druckschmerz des M. masseter wurde lediglich bei zwei Personen palpatorisch nachgewiesen, alle anderen untersuchten Muskeln blieben ohne auffällige Befunde.

Es erweist sich hier als sehr diffizil, weitere Vergleiche mit anderen Studien durchzuführen, da dort nur selten Informationen zu Höhe und Dauer des ausgeübten Drucks beim Palpieren, ausgeführter Palpationstechnik, Lokalisation der zu palpierenden Stellen und Positionierung des Untersuchers relativ zum Untersuchenden gegeben werden. Da in bereits vorhandener Literatur diese Bedingungen nie definiert worden sind, war es ein Ziel für uns, standardisierte Bedingungen herzustellen. Dabei wurde im aufrechten Sitz bei gleichbleibendem Untersucher Druck mit der gesamten Endphalanx auf den Muskelbauch ausgeübt. Entsprechender Literatur von

TROCHA et al. (2010) zufolge, die den Einfluss der Körperposition der untersuchten Person auf die temporomandibularen Bewegungen und Druckschmerzschwellen der Kaumuskulatur bei Personen mit CMD und einer Vergleichsgruppe untersuchten, konnte zwar bestätigt werden, dass die Körperposition einen systematischen Einfluss auf die Ausprägung der maximalen Mundöffnung sowie der Druckschmerzschwelle hat, jedoch konnte nicht festgestellt werden, ab welcher Änderung dieser Parameter ein klinisch relevanter Effekt auftritt.

Ein validiertes (Fischer 1986) und mit hoher Reliabilität (Jones et al. 2007) ausgezeichnetes Verfahren ist hingegen das „pressure threshold measurement“ (PTM), mit dem die Lokalisation und Dokumentation von empfindlichen Muskelpunkten sowie die Quantifizierung des Schmerzgrades gelingt.

Für beide Methoden ist aber inzwischen bekannt, dass einige in Studien eingeschlossene anatomische Strukturen in Wirklichkeit nicht palpierbar sind. Dazu zählen der hintere Bauch des M. digastricus sowie der M. pterygoideus lateralis von intraoral (Türp & Minagi 2001).

Neben der manuellen Untersuchung von Bewegungsparametern der Mandibula und des „Halte- und Stützapparates“ ist eine intraorale Diagnostik – speziell der Okklusion – für die Ursachenforschung einer CMD unabdingbar, da eine Veränderung der Okklusion nicht nur isoliert das craniomandibuläre System beeinflusst, sondern sich auch weit darüber hinaus auswirkt (Schupp et al. 2009). Die wesentliche Bedeutung dieses Zusammenhangs könnte ein pathogenetischer Einfluss von craniomandibulären Störungen auf die Wirbelsäule sein. Es ist deshalb sinnvoll, eine Beurteilung der HWS, der LWS und der Beckenregion in die Untersuchung von Patienten mit CMD aufzunehmen und umgekehrt auch das CMS, mit besonderem Augenmerk auf die Interkuspitation, bei Patienten mit Nacken- und Rückenschmerzen zu überprüfen (Fink et al. 2003). Dabei ist auf eine aufrecht sitzende Körperhaltung des Probanden/Patienten zu achten und insbesondere auf eine gerade Kopfhaltung, da bereits eine leichte Retroflexion zu einer Dorsalverlagerung der Mandibula und zu einer Verstärkung retraler okklusaler Kontakte führt (Lotzmann 2002).

CMD Funktionsbogen II

5. Funktion ☒

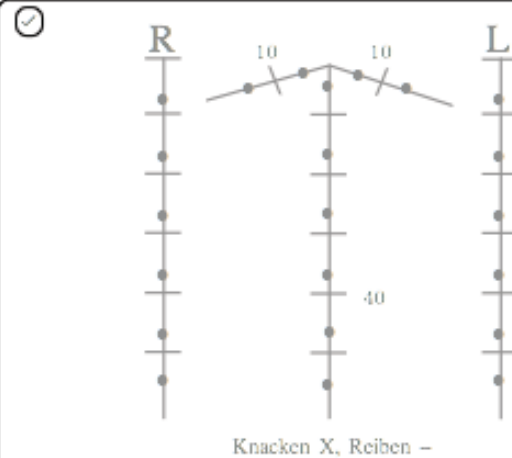
max. Mundöffnung mm ☐ eingeschränkte Fkt.
 max. Laterotrusion re. mm ☐
 max. Laterotrusion li. mm ☐
 max. Protrusion mm ☐
 passive Mundöffnung mm ☐

re. Öffnen li.						re. Schließen li.						
S	Kr	Ka	S	Kr	Ka		S	Kr	Ka	S	Kr	Ka
						initial						
						intermediär						
						terminal						

S = Schmerz; Kr = Krepitation; Ka = Knacken

6. Dynamik ☒

Overjet mm
 Overbite mm
 Dyskoordination ☐ re ☐ li
 Deviation ☐ re ☐ li
 Deflexion ☐ ja
 Endegefühl fest ☐ re ☐ li
 Blockierung KG ☐ re ☐ li
 Hyoid fest ☐ re ☐ li
 Isometrie ☐ Öffnen ☐ Schließen
☐ Latero re ☐ Latero li. ☐ Protrus.



7. Muskulatur ☒



event. Triggerpkt. einzeichnen

Schmerz
Hypertonus

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

M. masseter
 M. temporalis
 Suboccip.-/Nacken-M.
 M. trapezius
 M. sternocleidomastoideus
 infrahyoidale M.
 suprahyoidale M.
 M. pterygoideus med.
 M. pterygoideus lat.

Schmerz
Hypertonus

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



8. pathologisch neurologische Befunde ☒

Muskulatur

- ☐ EMG
☐ Stereotyptest

Funktion

- ☐ Zebris HWS/Spine
☐ Zebris Kiefer

Assessment

- ☐ SF-36 ☐ Helkimo
☐ TMD ☐ NDI

6.2 Diskussion der apparativen Untersuchungen (Zebris)

Die Intrasessionreliabilität der Zebrismessungen sowie deren Messgenauigkeit von 0,1mm überprüften wir nicht erneut, da SMOLENSKI et al. (1998), SCHREIBER et al. (2001), VOGEL et al. (2006) und BEST (2010) eine gute bis ausgezeichnete Inter- und Intrasessionreliabilität und das Zebrisverfahren als verlässliche Diagnostikmethode bereits bestätigen.

Die äußerst geringen Abweichungen zwischen den klinisch und apparativ aufgenommenen Werten bei der Mundöffnung sind auf zwei Komponenten zurückzuführen. Erstens kommt es bei manueller Untersuchung unweigerlich zu Zahnkontakt mit dem Messschieber, der eine stärkere Mundöffnung zu triggern scheint (Reichel 1960); zweitens wird bei diesem Verfahren lediglich die Schneidekantendistanz (SKD) ermittelt und später muss der Überbiss aus separater Messung addiert werden.

Die größeren Werte bei der Auslenkung nach rechts und links sind mit einem Trainingseffekt der Bewegung, einer erhöhten Motivation des Probanden und der möglichen repetitiven Mobilisation der in der orientierenden Diagnostik festgestellten Funktionseinschränkung durch die manuelle Untersuchung selbst zu erklären (Ebelt-Paprotny et al. 2008).

Weiterhin liegt die Vermutung nahe, dass die Weichteilstrukturen einiger Patienten bei der klinischen Untersuchung noch nicht voll verlängerungsfähig waren, was aber durch wiederholte Untersuchung geschieht, womit Gelenkkapsel und Muskulatur eine größere Bewegungsspanne freigeben. Das Gelenk mobilisiert sich sozusagen selbst und kann dementsprechend einen größeren Bewegungsumfang ausführen, was sich in den höheren Werten der Laterotrusion nach rechts und links widerspiegelt. In der Praxis bedeutet dies, dass eine Mehrfachmessung weniger sinnvoll ist, da die Werte durch den Übungseffekt und die Automobilisierung verfälscht werden können.

Zur Sicherung der klinischen Befunde hat das Zebrismessverfahren somit ebenso seine Berechtigung und Relevanz.

6.3 Relevanz der EMG-Messungen mit SinfoMed

Bei der Beurteilung der SinfoMed-Messungen fällt in erster Linie die große Streuung der Muskelaktivität in Ruhelage auf. Diese unterschiedlichen Spannungswerte sind auf die Varianz von Schädelform und Ausbildung des Kauapparats (Schumacher 1961), individuelle Muskelgrößen und unterschiedliche Ansteuerungsmuster der Muskeln sowie auf die Erhöhung des Muskeltonus durch psychische Belastung – nachgewiesen bei Masseteruntersuchungen (Schumann et. al. 1988) – zurückzuführen. Außerdem könnte eine unzureichende Relaxierung der Probanden eine Ursache gewesen sein.

Dementsprechend ist ein Vergleich der Daten innerhalb der Probandengruppe schwierig bzw. sind größere Stichproben erforderlich.

Der intraindividuelle Unterschied der Aktivitätsverteilung war jedoch während der Ruheschwebe des Unterkiefers sehr gering und bestätigt damit die Werte von MICHAEL (2008).

Wie nicht anders zu erwarten, zeigen der M. temporalis anterior und M. masseter bei der maximalen Kontraktion die höchste Aktivierung mit Anstiegen bis zu 750%, während die zur Haltemuskulatur gehörigen M. sternocleidomastoideus und M. trapezius descendens nicht an der Bewegung beteiligt waren.

Das ist mit den Untersuchungsergebnissen von Klemm (2009) erklärbar, der den Zusammenhang von lokaler Kiefermuskelaktivität und zervikaler Muskulatur untersuchte. Er registrierte eine Beteiligung der HWS-Stabilisatoren bei künstlich induzierter Entzündung mit regionaler Muskelspannungszunahme im Kiefergelenkbereich, während eine künstliche Irritation der Halsmuskulatur keinen Einfluss auf die Kiefermuskelaktivität hatte. Das könnte die seitenbetonte Übereinstimmung der Spannung des M. temporalis mit der Tonuserhöhung des M. sternocleidomastoideus erklären. Der einseitige Nachweis dieses Zusammenhangs ist möglicherweise auf die Händigkeit oder die Alltagsaktivitäten des Probanden zurückzuführen, für die eine einseitig spezifisch gezieltere Anpassung notwendig ist (Günther et al. 2005).

Die für die Laterotrusion hauptverantwortlichen Mm. pterygoidei können wegen ihrer Lage nur schwer bis gar nicht gemessen werden. Darum erwarteten wir nur Aktivität des M. masseter.

Diese Annahme bestätigte sich auch bis auf den M. sternocleidomastoideus, der wahrscheinlich über die Halsfascienspannung ipsilateral eine erhöhte Aktivität aufzeigte.

Wie von MICHAEL (2008) belegt, kann für den M. temporalis trotz des schrägen Verlaufs seiner Muskelfasern keine Aktivierung mittels des Oberflächen-EMGs nachgewiesen werden. Das beweisen auch unsere Ergebnisse.

Bei der Gegenüberstellung von Laterotrusion links und rechts ist auffällig, dass bei der Auslenkung der Mandibula nach rechts stets eine höhere Anspannung vorlag.

Die beanspruchten Muskeln für die Protrusion sind wieder die Mm. pterygoidei und der M. masseter (Schumacher 1961).

SCHUMACHER (1961) beschreibt auch eine protraktorische Komponente für den M. temporalis. Dieser Komponente werden die vorderen Temporalisfasern zugeordnet, die protraktorisch mit einer geschätzten Kraft von 2kg auf den Unterkiefer (Berechnung auf Basis morphologischer Muskelfaserquerschnitte) wirken. Das kann bei unseren aufgezeichneten Ergebnissen allerdings nicht bestätigt werden.

Abschließend wurden drei zusammengesetzte Bewegungen untersucht. Bei allen sprachen jeweils die gleichen drei Muskeln an, nämlich der M. temporalis anterior und der M. masseter, die beide zur Kaumuskulatur gehören, sowie der M. sternocleidomastoideus. Der M. trapezius descendens blieb bei den Bewegungen inaktiv.

Posselt sagittal ist eine zusammengesetzte Bewegung aus Protrusion, Abduktion, Retrusion und Adduktion der Mandibula. Dementsprechend findet man eine Kombination der Muskelaktivitäten aus den jeweiligen Einzelbewegungen, die aber nicht die gleiche Aktivierung erfahren, sondern kurz unter den Maximalwerten bleiben.

Auffällig hierbei ist, dass keine symmetrische Laufbahn vorhanden ist und immer eine Seite favorisiert wurde. Gleiches trifft auf Posselt frontal zu und konnte anhand des M. temporalis anterior signifikant nachgewiesen werden.

Mit SinfoMed ist es möglich, Spannungen einzelner Muskelpaare zu beurteilen und untereinander zu vergleichen. Betrachtet man die Intrasessionreliabilität der Messungen, so zeigen sich ausgezeichnete Werte für alle untersuchten Bewegungsabläufe. Aus dem Versuchsaufbau lassen sich solche Werte auch erwarten, da keine Änderungen an der Messapparatur während der Untersuchung vorgenommen wurden. Um dieses Verfahren auch als Verlaufskontrolle während bzw. nach einer Therapie einzusetzen, sind weitere Studien mit der Prüfung der Intersessionreliabilität erforderlich.

Vergleiche zwischen Probanden/Patienten sind wenig aussagekräftig, da – wie oben beschrieben – die Ergebnisse von individuellen Faktoren abhängig sind.

Eine Schwierigkeit stellt auch die Positionierung der Elektroden an anatomisch kleinen und schwer zu erreichenden Muskeln dar.

6.4 Outcomes

Es lässt sich feststellen, dass sowohl die allgemeine Gesundheit in SF-36 als auch die spezifische Gesundheit in den Helkimo- und TMD-Fragebögen Werte von einer ausgezeichneten globalen und regionalen (auf das Kiefergelenk bezogen) Gesundheit erzielten. Das heißt, die Lebensqualität der getesteten Probanden lag durchweg im Normalbereich.

Dies war jedoch aufgrund der Tatsache, dass alle Tests an gesunden Probanden ausgeführt worden sind, nicht anders anzunehmen. Die allgemeine Gesundheit ist jedoch von zu vielen anderen Faktoren abhängig, wodurch das SF-36-Outcome nicht sensitiv genug für die CMD-assoziierten Einschränkungen der Lebensqualität ist. Besser eignen sich spezifische Fragebögen wie Helkimo und TMD.

DA CUNHA et al. (2007) evaluierten den Gebrauch des Helkimo-Index für die Diagnose einer CMD am Beispiel von Patienten mit rheumatischer Arthritis. Sie konnten eine Sensitivität von 98,6% nachweisen, mit der das Helkimo-Outcome Patienten mit CMD erkennen konnte.

6.5 Korrelationen

Bezüglich der Korrelation der Bewegungsparameter aus der klinischen und der apparativen Untersuchung stimmen unsere Ergebnisse nicht mit denen von BEST (2010) überein.

Anders als in dessen Studie über die Reliabilität und Validität von Zebris, in der ein geringerer Korrelationswert (0,489) zwischen klinisch und apparativ untersuchter maximaler Mundöffnung beschrieben wird, fanden wir die beste Korrelation bei der Mandibulaabduktion (0,726***). Aber auch der Wert für die Laterotrusion nach rechts war höchst signifikant (0,679***), wobei die Auslenkung des Unterkiefers auf die gegenüber- liegende Seite knapp keine Signifikanz (0,439) aufzeigte.

Die gute Korrelation bei der Mundöffnung entgegen der Arbeit von Best ist dadurch zu erklären, dass in unserer Studie die Zebrismessapparatur so angebracht werden konnte, dass sie beim Schlussbiss keine störende Komponente bezüglich des Overbites darstellte. Somit konnte die vollständige Mundöffnung aufgezeichnet werden. Das begründet, dass das Zebrismessverfahren als weiterführende Diagnostikmethode und für wissenschaftliche Zwecke geeignet ist, jedoch aufgrund des hohen Zeit- und Kostenfaktors die manuelle Untersuchung – den Praxisalltag betreffend – zu favorisieren ist.

Die fehlende Korrelation der klinischen Untersuchung mit den Antworten der Fragebögen ist zum einen vermutlich auf die fehlenden Pathologien bei den Probanden, zum anderen auf die relativ geringe Stichprobe zurückzuführen. Zweckmäßiger ist die Korrelationsbewertung dieser Parameter bei Patienten mit entsprechenden Störungen.

6.6 Anwendungserprobung des erarbeiteten Funktionsbogens

Wie bereits unter 6.1 Erarbeitung und Diskussion der klinischen Untersuchungsergebnisse beschrieben, wurde der Funktionsbogen nach reichlicher Literaturrecherche und funktionellen bzw. anatomischen Aspekten zusammengestellt.

Nach den Untersuchungen der Probanden wurden an dem Funktionsbogen arbeitstechnische, den Ankreuzmodus betreffende Veränderungen vorgenommen, um ihn an den Praxis- und Klinikalltag anzupassen und ökonomischer zu gestalten. Danach wurde er einem Expertenteam ausgehändigt, das die Anordnung, die aufgelisteten Tests und das Handling des Bogens objektiv bewerten sollte. Außerdem wurde die Praktikabilität an 20 Patienten der CMD-Sprechstunde des Universitätsklinikum Jena von unterschiedlichen Ärzten getestet. Die aufgenommenen Werte sind bereits bei den Ergebnissen aufgeführt worden.

Nach intensiven Gesprächen mit den behandelnden Ärzten wurden abermals zur Optimierung geringe stylistische Änderungen unter Beibehaltung der fachlichen Inhalte am Bogen vorgenommen, sodass letztendlich ein im Klinikalltag erprobter Untersuchungsbogen vorliegt.

Die in den Ergebnissen dargestellten pathologischen Befunde belegen, dass alle im Funktionsbogen aufgeführten Untersuchungen ihre Berechtigung haben bzw. zielführend in der CMD-Diagnostik sind.

Eine Validierung sollte in weiteren Studien mit höheren Stichproben erfolgen. Ziel ist der Einsatz zur diagnostischen Bewertung und zur Therapieverlaufsbeurteilung.

7 **SCHLUSSFOLGERUNGEN**

Eine CMD-Diagnostik sollte stets anhand eines standardisierten Untersuchungsbogens durchgeführt werden. Die Messgenauigkeit und die Schnelligkeit der Datenerhebung der manuellen Untersuchung sind gut und vollkommen ausreichend für eine gesicherte Diagnostik, die jedoch sehr von der Erfahrung des Behandlers abhängig ist.

Das 3D-Ultraschallverfahren der Firma Zebris ist für eine weiterführende Diagnostik und für wissenschaftliche Zwecke dienlich, denn es bietet zusätzliche Informationen. Die Korrelation mit der klinischen Untersuchung ist sehr hoch, die Anschaffungskosten und der Zeitaufwand stehen aber im Vergleich zur klinischen Untersuchung in keinem Verhältnis. Zur Beurteilung von Funktionsbewegungen ist die o.g. Methode trotzdem unerlässlich, da neben der Abbildung von Incisal- und Condylenbahn auch Ausweichbewegungen dynamisch erfasst werden können.

Ähnliches gilt für das Oberflächen-EMG mittels SinfoMed. Es eignet sich zur Visualisierung und Kennzeichnung muskulärer Aktivierungsmuster im Seitenvergleich und kann somit auch veränderte Aktivierungsmuster bei Funktionsstörungen im orofacialen System anzeigen. Jedoch erweist sich die Interpretation der mit SinfoMed erhobenen Daten teilweise als schwierig.

Das Oberflächen-EMG besitzt eine hervorragende Intrasessionreliabilität. Sinnvoll erscheinen EMG-Messungen zur Therapieverlaufskontrolle, z.B. bei Schienenversorgung sowie Physiotherapie, um den gewünschten Effekt auf die betroffene Muskulatur adäquat sicherzustellen, nicht so sehr jedoch zur Angabe von Normwerten.

Die Outcomes sind unerlässlich für die Wahrnehmung des Patienten und die Einordnung der angegebenen Beschwerden in den diagnostischen Gesamtkomplex, wobei die krankheitsspezifischen Fragebögen eine höhere Aussagekraft für das regionale Krankheitsgeschehen haben.

Um alle Einflussgrößen auf die Kaufunktion zu erfassen, sollte eine CMD-Diagnostik stets anhand vorgegebener Untersuchungsrichtlinien durchgeführt werden. Die Notwendigkeit der interdisziplinären Diagnostik und daraus abzuleitende Therapieoptionen erfordern ein nach einem Muster vereinheitlichtes Vorgehen. Alle in der vorliegenden Arbeit nachgewiesenen

klinischen und apparativen Einflußgrößen sind in dem vorgestellten Untersuchungsbogen erfasst und standardisiert am Patienten nachprüfbar. Die Praktikabilität dieser Diagnostik ließ sich an ersten Patienten nachweisen, nachfolgende Therapiestandards können nur auf der Grundlage von Diagnosestandards beruhen.

8 LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS

Ash M. 2006. Schienentherapie: Evidenzbasierte Diagnostik und Behandlung bei TMD und CMD. 3. Aufl. München: Elsevier Urban & Fischer.

Basmajian JV, de Luca CJ. 1985. Muscles Alive: Their functions revealed by electromyography. Baltimore, London, Sydney: William & Wilkins.

Bauer A, Gutowski A. 1975. Gnathologie: Einführung Theorie und Praxis. Berlin Chicago: Quintessenz.

Bernhöft K, Klammt J. 1988. Untersuchungen über Beziehungen zwischen funktionellen Störungen an den Kiefergelenken und der Halswirbelsäule. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde mit Zentralblatt, 76:36-39.

Best N. 2010. Untersuchungen zur Reliabilität und Validität der dreidimensionalen Kiefergelenkfunktionsanalyse mittels Zebris WinJaw-System [Dissertation] Jena: Friedrich-Schiller-Universität.

Bijur PE, Silver W, Gallagher EJ. 2001. Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain. Acad Emerg Med, 8:1153-1157.

Blank LW. 1998. Clinical guidelines for managing mandibular dysfunctions. General Dentistry, 46 (6):592-597; quiz 598-599.

Blood SD. 1986. The craniosacral mechanism and the temporomandibular joint. Journal of the American Osteopathic Association, 86:512-519.

Buchalter D, Parniapour M, Viola K, Nordin M, Kahanowitz N. 1989. Three dimensional spinal motion measurements Part 1: A technique for examining posture and functional spinal motion. Journal of Spinal Disorders & Techniques, 1:279-283.

Bullinger M. 2000. Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität mit dem SF-36-Health Survey. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, 43 (3):190-197.

Bullinger M, Kirchberger I, Ware JE. 1995. Der deutsche SF-36 Health Survey Übersetzung und psychometrische Testung eines krankheitsübergreifenden Instruments zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Zeitschrift für Gesundheitswissenschaften, 3:21-36.

Clark GT, Green EM, Dornan MR, Flack VF. 1987. Craniocervical dysfunction levels in a patient sample from a temporomandibular joint clinic. Journal of the American Dental Association, 115:251-256.

Costen JB. 1934. Syndrome of ear and sinus symptoms dependent on disturbed function of the temporomandibular joint. Ann Otol Rhin Laryng, 43:1-15.

Cram JR, Rommen D. 1989. Effects of skin preparation on data collected using an EMG muscle-scanning procedure. Biofeedback & Self Regulation, 14 (1):75-82.

da Cunha SC, Viana Bessa Nogueira R, Pinto Duarte A, Cavalcanti do Egito Vasconcelos B, Albuquerque Calvancanti Almeida R. 2007. Analysis of helkimo and craniomandibular indexes for temporo-mandibular disorder diagnosis on rheumatoid arthritis patients. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology, 73 (1):19-26.

de Boever JA, Steenks MH. 1991. Kiefergelenksfehlfunktionen aus physiotherapeutischer und zahnmedizinischer Sicht: Diagnose und Therapie. Berlin: Quintessenz.

de Laat A, Meulemann H, Stevens AVG. 1998. Correlation between cervical spine and temporomandibular disorders. Clinical Oral Investigations, 2:54-57.

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
<http://www.dgzmk.de>

dos Santos JJ, Murakami T, Nelson SJ. 1989. Orthopedic Considerations of Cervical Syndrome and Temporomandibular Disorders. Texas Dental Journal, 106:8-13.

Ebelt-Paprotny G, Preis R, Appenroth P. 2009. Leitfaden Physiotherapie. 5. Aufl. München: Elsevier Urban & Fischer.

Fink M, Wähling K, Stiesch-Scholz M, Tschernitschek H. 2003. The functional relationship between the craniomandibular system, cervical spine and the sacroiliac joint: a preliminary investigation. Cranio, 21:202-208.

Fischer MJ. 2010. Interaction of the temporomandibular system in chronic pain syndromes. Journal of Rehabilitation Medicine, 42 (4):394.

Fischer MJ, Riedlinger K, Gutenbrunner C, Bernateck M. 2009. Influence of the Temporomandibular Joint on Range of Motion of the Hip Joint in Patients With Complex Regional Pain Syndrome. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics, 32 (5):364-371.

Fischer MJ, Riedlinger K, Hoy L, Gutenbrunner C, Bernateck M. 2008. Abhängigkeit von extrakranieller Schmerzlokalisation und Dysfunktion im kraniomandibulären System: Eine prospektive klinische Querschnittsstudie. Manuelle Medizin 2008, 46 (6):401-406.

Fischer A. 1986. Pressure Threshold Measurement for Diagnosis of Myofascial Pain and Evaluation of Treatment Results. Clinical Journal of Pain, 4 (2):207-214.

Franks AST. 1968. Cervical spondylosis presenting as the facial pain of temporomandibular joint disorder. Annals of Physical Medicine, 9 (5): 193-196.

Friedman MH, Weisberg J. 1985. Temporomandibular Joint Disorders: Diagnosis and Treatment. Berlin: Quintessenz.

Green CS, Marbach JJ. 1982. Epidemiologic studies of mandibular dysfunction: a critical review. Journal of Prosthetic Dentistry, 184 (48).

Günther P, Zima K, Seidel EJ. 2005. Kraniomandibuläre Dysbalancen als Voraussetzung für professionelle Leistungen am Musikinstrument? Manuelle Medizin 2005, 43 (4):243-248.

Haberfellner H. 1981. Wechselwirkung zwischen Gesamtkörperhaltung und Gesichtsbereich. Pädiatrie und Pädologie, 16 (2):1203-1225.

Hätscher A, Dähne B, Rothe S, Richter S, Callies R. 1989. Geschlechts- und altersabhängige Bewegungsmaße bei Gesunden im Hinblick einer Beurteilung von Patienten mit Spondylitis ankylosans: 1 . Mitteilung: Finger-Boden-Abstand und Schobersches Maß. Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, 41 (3):197-200.

Helkimo M. 1974. Studies on function and dysfunction of the masticatory system. Swedish Dental Journal, 67:101-121.

Hülse M, Losert-Bruggner B. 2009. Die kraniomandibuläre Dysfunktion: Eine nicht beachtete Pathologie des sog. HWS-Schleudertraumas. Manuelle Medizin 2009, 47 (1):7-15.

Janda V. 2000. Manuelle Muskelfunktionsdiagnostik. München: Urban & Fischer.

Jones DH, Kilgour RD, Comtois AS. 2007. Test-retest reliability of pressure pain threshold measurements of the upper limb and torso in young healthy women. Clinical Journal of Pain, 8 (8):650-656.

Kahl-Nieke B. 2010. Einführung in die Kieferorthopädie: Diagnostik, Behandlungsplanung, Therapie ; mit 10 Tabellen. 3. Aufl. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag.

Kirveskari P, Alanen P, Karskela V, Kaitaniemi P, Holtari M, Virtanen T, Laine M. 1988. Association of functional state of stomatognathic system with mobility of cervical spine and neck muscle tenderness. *Acta Odontologica Scandinavica*, 46:281-286.

Klemm S. 2009. Okklusionsstörungen und Beweglichkeit der HWS. *Manuelle Medizin* 2009, 47 (4):255-260.

Kopp S. 2008. Screening im kranio-mandibulären System: Die Sicht des Zahnarztes/Kieferorthopäden. *Manuelle Medizin* 2008, 46 (6):381-383.

Kopp S, Brunzel BG, Sebald WG, Langbein U, Graf H. 2002b. Funktionsbefunde im kranio-mandibulären System bei Jugendlichen im Alter von 15-19 Jahren. *Manuelle Medizin* 2002, 40 (6):359-366.

Kopp S, Hirsch H, Sebald WG, Plato G, Langbein U, Graf H. 2002a. Funktionsbefunde im kranio-mandibulären System (CMS) bei Kindern im Alter von 5-9 Jahren. *Manuelle Medizin* 2002, 40 (5):297-305.

Kopp S, Plato G, Bumann A. 1989. Die Bedeutung der oberen Kopfgelenke bei der Ätiologie von Schmerzen in Kopf-, Hals-, Nackenbereich. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, 44:966-967.

Kopp S, Plato G, Friedrichs A, Pfaff G, Langbein U. 2004. Okklusion und Wirbelsäule. *Bayerisches Zahnärzteblatt*, 10:43-45.

Kopp S, Sebald WG. 2008. Kranio-mandibuläre Dysfunktion: Versuch einer bewertenden Übersicht. *Manuelle Medizin* 2008, 46 (6):389-392.

- Landis JR, Koch GG. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33 (1):159-174.
- Lange M, Ahlers MO, Ottl P. 2010. Craniomandibuläre Dysfunktionen. DGFDT.
- Laskin DM. 1969. Etiology of the pain-dysfunction syndrome. *Journal of the American Dental Association*, 79:147-153.
- Lechner K-H. 2008. Kritische Betrachtungen zur Therapie von CMD-Patienten. *Manuelle Medizin* 2008, 46 (6):386-388.
- Leder S. 2005. Funktionsstörungen erkennen und behandeln. Balingen: Spitta.
- Lehmann K, Hellwig E. 2005. Zahnärztliche Propädeutik. 10. Aufl.: Urban & Fischer.
- Lotzmann U. 2002. Okklusion, Kiefergelenk und Wirbelsäule. *Zahnmedizin*, 9:1004-1010.
- Lotzmann U. 1991. The effect of divergent positions of maximum intercuspitation on head posture. *Journal of Gnathology*, 10 (1):63-68.
- Lotzmann U, Steinberg JM. 1993a. Klinische Anwendung der Kistler-Meßplattform zur computergestützten Posturographie im Rahmen einer funktionsdiagnostischen Vergleichsstudie. *Das Deutsche Zahnärzteblatt*, 102 (8):535-545.
- Lotzmann U, Steinberg JM. 1993b. The influence of occlusal stability on postural sway behaviour. *Journal of Gnathology*, 12:7-13.

Michael T. 2008. Oberflächen-EMG-Interferenzmapping beim M. temporalis während isometrischer Kontraktion bei verschiedenen gerichteten Bewegungsintentionen des Unterkiefers Jena: Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Middelsdorf S. 2008. Muskelfunktionsdiagnostik mittels Oberflächen-EMG in der Rehabilitation nach Wirbelsäuleneingriffen: Aus der Orthopädischen Klinik des Klinikum Staffelstein, Bad Staffelstein. Orthopädische Praxis, 44 (8):395-398.

Neuhuber W. 2007. Anatomie und funktionelle Neuroanatomie der oberen Halswirbelsäule. Manuelle Medizin 2007, 45 (4):227-231.

Neuhuber W. 2005a. Funktionelle Neuroanatomie des kraniozervikalen Übergangs. Hülse, M; Neuhuber, W; Wolff, H D (editors) Die obere Halswirbelsäule. Heidelberg: Springer Medizin Verlag:55-71.

Neuhuber W. 2005b. M. longissimus als Vermittler zwischen kraniozervikalem Übergang und Becken: Eine Hypothese. Manuelle Medizin 2005, 43 (6):395-399.

Neuhuber W. 2004. Die Nacken-Kiefer-Balance. Schöttl, R; Losert-Bruggner, B (editors) ICCMO-Kompendium:17-23.

Nicolakis P, Piehslinger E, Nicolakis M, Vachuda M, Fialka-Moser V. 1998. Zusammenhänge zwischen Haltungsasymmetrien und dem Ruhetonus des M. masseter. Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift, 53:608-612.

Ohlendorf D, Pusch K, Kopp S. 2008. Beinlängendifferenz versus zentrische Lage des Unterkiefers. Manuelle Medizin 2008, 46 (6):418-423.

Ott R, Vollmer HP, Krug W. 2003. Klinik- und Praxisführer Zahnmedizin. Stuttgart: Georg Thieme.

Plato G. 2008. Der Weg zur Chronifizierung der kranio-mandibulären Dysfunktionen (CMD): Die Sicht des Orthopäden/Manualtherapeuten. Manuelle Medizin 2008, 46 (6):384-385.

Reichel H. 1960. Muskelphysiologie. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer.

Richter P, Hebgen E. 2007. Triggerpunkte und Muskelfunktionsketten in der Osteopathie und manuellen Therapie. 2. Aufl. Stuttgart: Hippokrates Verl.

Ridder P-H. 1998. Kieferfunktionsstörungen und Zahnfehlstellungen mit ihren Auswirkungen auf die Körperperipherie. Manuelle Medizin 1998, 36:194-203.

Sax W. Grundlagen der physiotherapeutischen Befundung und Behandlung: Skript Masterlehrgang, Physiotherapie FH-Campus Wien:

Scheele R, Losert-Brugger B, Duscha S. 2007. Zahn- und Gesichtsschmerzen: Ein ganzheitlicher Diagnose- und Therapieansatz. CO`MED, 1:1-3.

Schildt-Rudloff K, Sachse J. 2008. Wirbelsäule: Manuelle Untersuchung und Mobilisationsbehandlung für Ärzte und Physiotherapeuten. 5. Aufl. München: Elsevier Urban & Fischer.

Schober P. 1937. Lendenwirbelsäule und Kreuzschmerzen. Münchener Medizinische Wochenschrift, 9:336-338.

Schöttl R. 2008. Scharnierachse ade!: (Er-)Lösung aus einer limitierenden Gedankenwelt. Myobite, 2:5-14.

Schreiber TU, Smolenski UC, Seidel EJ. 2001. 3-dimensionale Bewegungsanalyse zur Funktionsbeurteilung der Halswirbelsäule-Messverfahren und Reliabilität. Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, 11 (4):113-122.

Schumacher G-H. 1961. Funktionelle Morphologie der Kaumusculatur. Jena: Gustav-Fischer-Verlag.

Schumann NP, Zwiener U, Nebrich A. 1988. Personality and quantified neuromuscular activity of the masticatory system in patients with temporomandibular joint dysfunction. *Journal of Oral Rehabilitation*, 15:35-47.

Schuntermann M. 2001. International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) by WHO - Short summary. *Physikalische Medizin Rehabilitationsmedizin Kurortmedizin*, 11 (6):229-230.

Schupp W. 2001. Gesichtsschmerz aus Sicht der Kieferorthopädie. *Manuelle Medizin* 2001, 39:327-336.

Schupp W, Haubrich J, Boisserée W, Läkamp M, Schuppan K. 2008. Interdisziplinäre Behandlung von Patienten mit kranio-mandibulärer Dysfunktion. *Manuelle Medizin* 2008, 46 (6):393-400.

Schupp W, Oraki A, Haubrich J, Freesmeyer WB, Kopsahilis N. 2009. Okklusionsveränderungen und deren Auswirkungen auf den Halte- und Stützapparat: Untersuchung durch manualmedizinische Testverfahren. *Manuelle Medizin* 2009, 47 (2):107-111.

Schwartz LL. 1956. A temporomandibular joint pain-dysfunction syndrome. *J Chronic Dis*, 3 (3):284-293.

Seedorf H, Toussaint R, Jakstat HA, Ahlers MO, Liebs T, Göhring T, Jüde HD. 1999. Zusammenhänge zwischen Wirbelsäulen-Funktion, Becken-tiefstand und kranio-mandibulärer Dysfunktion. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, 54:1-4.

Smolenski UC, Endres G, Schreiber TU. 1998. 3-dimensionale Bewegungsfunktionsanalyse der Halswirbelsäule mit dem System Zebris-Standardisierung der Untersuchungsbedingungen. *Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 08:22-24.

Stelzenmüller W. 2009. Physiotherapie im Wandel: Wege zu größerer Therapiesicherheit bei kraniomandibulären Dysfunktionen. *Manuelle Medizin* 2009, 47 (1):16-22.

Stelzenmüller W, Griessmair M, Celar A. 2009. Schmerzlokalisierung bei CMD-Patienten mit modifiziertem Schmerzfragebogen: Eine prospektive klinische Pilotstudie. *Manuelle Medizin* 2009, 47 (5):325-333.

Stibenz C. 2004. Klinische Assessments craniomandibulärer Dysfunktionen (CMD) [Dissertation] Jena: Friedrich-Schiller-Universität.

Treuenfels HV. 1985. Orofaciale Dyskinesien als Ausdruck einer gestörten Wechselbeziehung von Atmung, Verdauung und Bewegung. *Fortschritte der Kieferorthopädie*, 46:1191-1208.

Trocha M, Schöttker-Königer T, Probst A. 2010. Einfluss der Körperposition auf temporomandibulare Bewegungen und Druckschmerzschwelle der Kaumuskulatur: Pilot-Querschnittsstudie. *Manuelle Therapie* 2010, 14 (2): 50-59.

Türp JC, McNamara JA. 1997. Besteht ein Zusammenhang zwischen kieferorthopädischer Behandlung und Myoarthopathie des Kausystems?: Teil II. Klinische Aspekte. *Fortschritte der Kieferorthopädie*, 136 (58).

Türp JC, Minagi S. 2001. Palpation of the lateral pterygoid region in TMD - where is the evidence? *Journal of Dentistry*, 475 (29).

van der Weele LT, Dibbets JM. 1987. Helkimo's Index: a scale or just a set of symptoms? *Journal of Oral Rehabilitation*, 229 (14).

Vogel T, Smolenski UC, Conradi S, Bak P. 2006. Reliabilität einer ultraschalltopometrischen Gleichgewichtsanalyse. *Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 16 (4).

Walther DS. 1988. *Applied kinesiology, Synopsis*. Pueblo: System D C.

Wänman A, Agerberg G. 1986. Mandibular dysfunction in adolescents- Prevalence of symptoms. *Acta Odontologica Scandinavica*, 44 (1):47-54.

Ware JE, Sherbourne CD. 1992. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). *Medical Care*, 30 (6):473-483.

Winkelmann C, Schreiber TU. 1997. Die Visuelle Analogskala (VAS) zur „Schmerzmessung“ in der Physiotherapie. *KG*, 49 (11):1856-1866.

Zschorlich V. 1987. *Elektromyographie und Dynamometrie in der Bewegungsforschung*. Hamburg: Ingrid Czwalina.

9 Anhang

9.1 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, Reinhard Bocker, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich diese Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben:

Prof. Dr. med. Ulrich Smolenski,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe
und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Jena, den 21.12.2010

Reinhard Bocker

9.2 Publikationen

Vortrag

42. Jahrestag der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie zusammen mit der Arbeitsgemeinschaft für Prothetik und Gnathologie der österreichischen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Bad Homburg. Dezember 2009. *„Diagnostisches und therapeutisches Konzept bei CMD aus manualmedizinischer Sicht“*.

Posterpräsentation

European Society of Physical and Rehabilitation Medicine (ESPRM).
Venice. Mai 2010. *„Diagnostic and therapeutic concepts in CMD from the aspect of manual medicine“*.

9.3 Danksagung

Wie bereits eidesstattlich erklärt, habe ich diese Promotionsarbeit selbst angefertigt. Trotzdem ist es wahrscheinlich keinem möglich, eine solche Arbeit ohne Ermutigung und Unterstützung niederzuschreiben, sodass ich mich bei einigen Personen für ihre selbstlose Hilfe und ihre Motivation bedanken möchte.

Allen voran stehen dabei meine Mutter und meine Freundin, die meine Stimmungsschwankungen ausgehalten und mich dank ihrer Liebe, Erfahrung und ihres Verständnisses immer wieder motiviert haben.

Des Weiteren gilt mein Dank Professor Smolenski, der mich mit seiner Erfahrung und Ruhe durch diese wissenschaftliche Arbeit gelenkt und speziell in der Endphase mit wöchentlichen Treffen sehr gut betreut hat.

Außerdem möchte ich mich bei Frau Helga Scharf bedanken, die es immer wieder schaffte, meine Zweifel zu beseitigen und mir Mut für die bevorstehenden Aufgaben machte.

Last but not least gilt mein Dank natürlich den selbstlosen Probanden, ohne deren Mitwirken keine Arbeit vorliegen würde.

Vielen Dank.